



Böklåda med torv på rastgårdsytan i ekologisk slaktsvinsproduktion - Effekter på beteende och emission av kväve (NH₃ och N₂O)



av

Emma Selberg Nygren

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 279
30hp E-nivå**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Nutrition and Management**

Uppsala 2009



Böklåda med torv på rastgårdsytan i ekologisk slaktsvinsproduktion - Effekter på beteende och emission av kväve (NH₃ och N₂O)

av

Emma Selberg Nygren

Handledare: Anne-Charlotte Olsson, LBT
Examinator: Jan Erik Lindberg, HUV

**Institutionen för husdjurens
utfodring och vård**

**Examensarbete 279
30hp E-nivå**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Animal Nutrition and Management**

Uppsala 2009

FÖRORD

Det här examensarbetet ingår i agronomprogrammet, inriktning husdjur och kommer också att leda till en masterexamen i husdjursvetenskap, eftersom det utförts på E-nivå.

Mitt intresse för ekologisk djurhållning och särskilt ekologisk grishållning ledde till att jag kom i kontakt med Lantbrukets Byggnadsteknik (LBT) i Alnarp i våras när jag letade examensarbete. Då examensarbetet de erbjöd inkluderade aspekter på djurvälstånd tillsammans med miljö- och klimataspekter kändes projektet extra intressant, eftersom jag även är mycket intresserad av omvärlden och stora globala frågor. När projektet precis hade kommit igång fick jag och min handledare höra talas om Klimatskolan, som vi anmälde projektet till. Klimatskolan är en examensarbetsskola arrangerad av SLU och LRF för studenter som gör ett examensarbete med klimatanknytning. Examensarbetet har jag till stor del utfört på distans från Uppsala. Databearbetning och de praktiska delarna som jag har deltagit i utförde jag tillsammans med forskargruppen på plats i Alnarp, Skåne.

Jag vill tacka min handledare Ann-Charlotte Olsson för entusiasm, idéer, hjälp med databearbetning och med min uppsats. De andra forskarna inom området gris och Ngwa Martin Ngwabie på LBT vill jag också tacka för hjälp med de praktiska delarna av studien och för hjälp med uppsatsen. Tack till alla på LBT för att ni fått mig att trivas under mina korta vistelser hos er och för att ni skjutsat mig eller sett till att jag fått låna bil när jag har behövt det.

Tack till Klimatskolan för de nya kunskaper jag har fått, för att ni väckt mitt klimatintresse ytterligare och för finansiering. Tack till och Ulla Didon (SLU) som har arrangerat de intressanta träffarna och seminarierna under hösten tillsammans med Jan Eksvärd (LRF). Tack till Jan och Anna Richert (Svenskt sigill) för era kommentarer och idéer till uppsatsen.

Emma Selberg Nygren

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	4
Figurförteckning	6
Tabellförteckning	6
ABSTRACT	7
SAMMANFATTNING	8
1 INTRODUKTION	9
1.1 Inledning	9
1.2 Mål, hypotes och avgränsning	10
2 LITTERATURSTUDIE	11
2.1 Allmänt om växthuseffekten, försurning och övergödning	11
2.1.1 Växthuseffekten	11
2.1.2 Övergödning och försurning	13
2.1.3 Åtgärder för att minska utsläppen av klimat- och miljöfarliga ämnen	14
2.2 Kväve	15
2.2.1 Kvävetets kretslopp	15
2.2.2 Kväve i grisproduktionen	17
2.2.2.1 Kväve metabolism hos grisar	18
2.2.2.2 Faktorer som påverkar N-emissionen (främst NH ₃ och N ₂ O) från stallgödsel	18
2.3 Ekologisk djurhållning	22
2.3.1 Utveckling och filosofi	22
2.3.2 Djurhälsa och djurvälstånd i ekologisk djurhållning	23
2.3.3 Ekologisk djurhållning i Sverige	24
2.3.3.1 Ekologisk grisproduktion i Sverige	25
2.4 Grisars beteenden	26
2.4.1 Gödslingsbeteende	26
2.4.2 Ligg- och vältringsbeteende	27
2.4.3 Bök- och födosöksbeteende samt bök- och strömateriell	28
3 MATERIAL OCH METODER	30
3.1 Försöksstall, boxtyper och djur	30
3.2 Försök med böklåda på rastgårdsytan	31
3.2.1 Beteendestudier	33
3.2.2 Hygienstudier	33
3.2.3 NH ₃ -emission	33
3.2.4 N ₂ O- koncentration	35
3.2.5 Väderlek	36
3.3 Statistiska bearbetningar	36

4	RESULTAT	37
4.1	Beteendestudier	37
4.2	Hygienstudier	39
4.3	NH ₃ -emission	39
4.4	Koncentration av N ₂ O	40
4.5	Väderlek	43
5	DISKUSSION	44
6	SLUTSATSER	49
7	REFERENSER	50

Figurförteckning

Figur 1. Växthuseffekten	11
Figur 2. Globala utsläpp av växthusgaser	12
Figur 3. Kvävetts kretslopp	15
Figur 4. Bildning av N ₂ O genom nitrifikation och denitrifikation	16
Figur 5. Exempel på kvävekedjan för växande grisar	17
Figur 6. Stallgödsels komponenter	18
Figur 7. Det ekologiska slaktgrisstallet, Odarslöv	30
Figur 8. Område A, B och C på rastgårdsytan	31
Figur 9. Foton och måttangivelser för de olika utformningarna av böklådan	32
Figur 10. Mätning av NH ₃ -emission	34
Figur 11. Mätning av N ₂ O-koncentration	35
Figur 12. Box 2, koncentration av N ₂ O i mäthuv	41
Figur 13. Box 3, koncentration av N ₂ O i mäthuv	41
Figur 14. Box 4, koncentration av N ₂ O i mäthuv	42
Figur 15. Box 5, koncentration av N ₂ O i mäthuv	42
Figur 16. Medeltemperaturer på Odarslöv under de två uppfödningssomgångarna	43
Figur 17. Hygien i respektive utanför böklådan	46

Tabellförteckning

Tabell 1. Koncentration och karakteriseringsindex för de viktigaste växthusgaserna	11
Tabell 2. Antal djur och produktion av växthusgaser globalt per djurslag	13
Tabell 3. Faktorer som påverkar NH ₃ -emissionen från gödsel till omgivande luft	19
Tabell 4. NH ₃ -bindande förmåga och C:N-kvot för olika strömedel	21
Tabell 5. Försöksupställning	31
Tabell 6. Sammanslagning av mätytor i hygienstudien till område A, B och C	33
Tabell 7. Sammanslagning av mätytor i NH ₃ -studien till område A, B och C	34
Tabell 8. Medelvärden för grisarnas inne- och utevistelse	37
Tabell 9. Medelvärden för liggfrekvens	38
Tabell 10. Medelvärden för liggfrekvens på område A fördelade på omgång och behandling	38
Tabell 11. Medelvärden för bökfrequens	39
Tabell 12. Medelvärden för smutsighetsgrad	39
Tabell 13. Medelvärden för NH ₃ -emission	40

ABSTRACT

In organic animal production, synthetic amino acids are not allowed. Therefore, a higher level of crude protein is needed in the diet to pigs, which lead to more nitrogen (N) excreted in the faeces and urine. N can be emitted to the air in the form of e.g. ammonia (NH_3), which contributes to eutrophication and acidification and as nitrous oxide (N_2O), which is a very potent greenhouse gas. The emission of N can be reduced by e.g. modifying the diet and by reducing the defecated areas in the pens. The aim of this study was to enrich the outdoor yard in organic pig production with a rooting area filled with peat, and thereby also reduce the emissions of N. The hypothesis was that pigs avoid to dung in areas with high activity, and a rooting area should therefore direct the pigs to dung in a smaller area outside the rooting area. Peat is appreciated as a rooting material by pigs and it has a high potential to bind N, which reduces the emission of NH_3 . The complex environment (aerobic and anaerobic) that can occur in peat is not always optimal, which can lead to more N emitted as N_2O .

The study was performed in a stable for organic finishing pigs in Skåne (the most southern part of Sweden). The stable consists of 8 pens, each dimensioned for 16 pigs. Two batches of pigs were studied. Studies of the pigs' behaviour, measures of the emission of NH_3 and hygiene of the floor in the outdoor yards were included. Furthermore, as a pilot trial in batch 2, the concentration of N_2O was measured in closed chambers with two different methods.

The results showed that the pigs chose to stay outdoor and to lie outdoor to a higher extent when the climate was warmer (batch 2). During batch 1, the hygiene was poorer than in batch 2, but the emission of NH_3 was observed to be lower. The explanation for this result is that the temperature in batch 1 was lower than in batch 2. The rooting area did not stimulate the pigs to root more or be more active, but the pigs directed their rooting to be more frequent outside, and a tendency ($p=0.097$) that the pigs chose to stay outside more was observed (Table 8,9,10 and 11). The pigs avoided to dung in the rooting area, and their dunging was mostly concentrated to the dunging area (area C), a result that corresponds to the hypothesis. This behaviour led to better hygiene in the outdoor yard and a lower emission of NH_3 from the rooting area ($49.9 \text{ mg/m}^2\text{h}$) compared to the same area in boxes without rooting area ($108.6 \text{ mg/m}^2\text{h}$). However, from the dunging area (area C), higher emission of NH_3 was detected in pens with the rooting area ($134.8 \text{ mg/m}^2\text{h}$) compared to boxes without it ($80.1 \text{ mg/m}^2\text{h}$) (Table 12 and 13). Because of the few measures of the concentration of N_2O , conclusions can not really be made. Though, the measures showed altered concentrations of N_2O (= emission) from outdoor yards with a rooting area, compared to outdoor areas without rooting areas, where no altered concentrations was detected (Figure 12-15).

The rooting area can be considered positive for the welfare of the pigs since it was popular both for rooting and as a lying area, and it resulted in a better utilization of all areas in the pen. Though, the higher emission of NH_3 from area C and the detected emission of N_2O from outdoor yards with a rooting area, concludes that more actions than a rooting area are needed to reduce the total emissions of N from outdoor yards. Suggestions for other actions are more frequent cleaning (which is facilitated by concentrated dunging), another type of dunging system and maybe another rooting material or another kind of peat. To reduce the total emissions of N from dung, it is important to take into consideration both NH_3 and N_2O in future studies.

SAMMANFATTNING

Då syntetiska aminosyror är förbjudna i ekologisk djurhållning krävs en högre råproteinhalt i foder till ekologiska grisar, vilket leder till att mer kväve (N) utsöndras med träck och urin. N kan avgå till luften som bland annat ammoniak (NH_3) som bidrar till övergödning och försurning och som lustgas (N_2O) som är en mycket stark växthusgas. Emissionen kan minskas genom bland annat förändrad utfodring och genom att minska arean med smutsiga ytor i boxarna. Syftet med den här studien var att berika rastgårdsytan i ekologisk grisproduktion med en böklåda med torv och att därmed också minska emissionen av N. Hypotesen var att då grisar undviker att gödsla där det är mycket aktivitet bör en böklåda styra grisarna till att gödsla på ett mindre område utanför böklådan. Torv är ett uppskattat bökmateriel med hög kvävebindande förmåga som minskar emissionen av NH_3 . Den komplexa miljön (aerob och anaerob) som kan finnas i torv är inte alltid optimal och kan då leda till att mer N emitteras som N_2O .

Studien utfördes i ett ekologiskt slaktgrisstall i Skåne med 8 boxar dimensionerade för 16 grisar per box. Två uppfödningso mgångar studerades i försöket som inkluderade beteendestudier, hygienstudier och mätningar av NH_3 -emissionen. En pilotstudie där N_2O -koncentrationen mättes i täta mätluvar med två metoder genomfördes i uppfödningso mgång 2.

Resultaten visar att vid varmare klimat (omgång 2) vistades och låg grisarna utomhus i högre utsträckning. Hygienen på rastgårdsytan var sämre under omgång 1 men NH_3 -emissionen var lägre utanför böklådan i denna omgång, vilket förklaras av den lägre temperaturen. Böklådan stimulerade inte grisarna till att böka mer eller till att vara mer aktiva, men grisarna valde att böka mer utomhus och en tendens ($p=0,097$) till att de vistades utomhus i högre utsträckning observerades också (Tabell 8,9,10 och 11). Hypotesen om koncentrerad gödsling stämde då grisarna undvek att gödsla i böklådan, och deras gödsling koncentrerades främst till gödsgången (område C). Därmed förbättrades hygien på rastgårdsytan och den uppmätta NH_3 -emissionen var lägre ($49,9 \text{ mg/m}^2\text{h}$) i böklådan jämfört med samma yta i boxar utan böklåda ($108,6 \text{ mg/m}^2\text{h}$). Från gödsgången (område C) uppmättes dock högre NH_3 -emission i boxar med böklåda ($134,8 \text{ mg/m}^2\text{h}$) jämfört med i boxar utan böklåda ($80,1 \text{ mg/m}^2\text{h}$) (Tabell 12 och 13). På grund av de få mätningar av N_2O -koncentrationen som genomfördes kan inga egentliga slutsatser dras. Mätningarna visade dock på koncentrationsökningar av N_2O (= emission) från rastgårdar med böklåda, vilket inte kunde påvisas från rastgårdar utan böklåda (Figur 12-15).

Böklådan kan sägas vara positiv för grisarnas välfärd då den uppskattades både för bökning och som liggplats av grisarna, och den medförde att alla ytor i boxen utnyttjades bättre. På grund av den högre NH_3 -emissionen från område C samt den konstaterade N_2O -emissionen från boxar med böklåda kan det dock konstateras att fler åtgärder än en böklåda med torv krävs för att minska de totala emissionerna av N från rastgårdsytor. Förslag till andra åtgärder är till exempel mer frekvent utgödsling (som underlättas av koncentrerad gödsling), ett annat utgödslingssystem och eventuellt ett annat bökmateriel eller en annan typ av torv. För att komma tillrätta med N-emissionerna från gödsla är det viktigt att hänsyn tas till både NH_3 och N_2O i kommande studier.

1 INTRODUKTION

1.1 Inledning

Klimat- och miljödebatten är idag högaktuell och jordbruket är en betydande källa till utsläpp av miljöfarliga ämnen och växthusgaser. Två viktiga föreningar innehållande kväve (N) inom djurhållningen är gaserna ammoniak (NH_3) och lustgas (N_2O), vilka härrör främst från gödsel och urin. Från djurhållningen produceras 65 % av all antropogen N_2O och 64 % av all NH_3 globalt (FAO, 2006). NH_3 bidrar till övergödning och försurning och N_2O är en växthusgas med mycket stark verkan.

Inom den ekologiska djurhållningen prioriteras god djuromsorg och god miljö. En hållbar produktion eftersträvas där djuren tillåts utföra sina naturliga beteenden och där näringen recirkuleras i kretsloppet på gården (KRAV, 2008a). Ekologiska grisar ska enligt KRAV- och EU-regler ha tillgång till en hårdgjord rastgård utomhus året runt (KRAV, 2008b; Rådets förordning, 1999). KRAV-grisar ska dessutom ha tillgång till bete eller annan beväxt mark under minst fyra månader under sommarhalvåret (KRAV, 2008b). Kravet på utevistelse och större ytor innebär att grisarna ges större möjligheter att utföra sina naturliga beteenden. Det har dock visats att ett eko-grisstall emitterar nästan fyra gånger mer NH_3 än ett konventionellt slaktgrisstall (Olsson m.fl., 2007). Orsakerna till den högre emissionen är högre råproteinhalt i fodret, högre foderförbrukning och mer utspridd gödsel till följd av de större vistelseytorna. Uppskattningsvis bidrar fodret med en faktor på 1,75 och smutsiga ytor med faktorn 2,25. Att ekologisk grisproduktion har större övergödande effekt än konventionell konstateras också av Nilsson (2006) i en litteratursammanställning. Nilsson (2006) konstaterade även att de totala utsläppen av växthusgaser (där N_2O ingår) är av samma storlek som inom den konventionella grishållningen, vilket även konstaterats av Cederberg & Nilsson (2004). Forskning rörande kväveförluster från ekologisk grisproduktion är dock begränsad, speciellt från rastgårdsytor (Cederberg & Nilsson, 2004). Detta beror på att ekologisk grishållning är en nischproduktion och även på de stora skillnaderna mellan ekologisk och konventionell grisproduktion. De få studier som gjorts av den ekologiska grisproduktionens klimatpåverkan inkluderar inte faktiska mätningar, utan baseras på schablonvärden tagna från den konventionella produktionen. Detta faktum medför att det inte finns några tillförlitliga mätvärden (Cederberg & Nilsson, 2004; Nilsson, 2006).

Det ökade intresset för ekologiska livsmedel bland konsumenter har kommit att öka försäljningen av ekologiska produkter de senaste åren. Fler och fler konsumenter efterfrågar ekologiskt producerade livsmedel med anledning av miljön, klimatet och en mer naturlig djurhållning. Över 40 % av Sveriges befolkning anser i en undersökning utförd av Länsförsäkringar (2008) att det är viktigt att maten är ekologiskt producerad. En marknadsundersökning av AC Nielsen (2007) visade att en tredjedel av konsumenterna anser att alla produkter borde vara ekologiska och att 40 % anser att utbudet av ekologiska produkter är för litet.

För att den ekologiska grisproduktionen även i framtiden ska kännetecknas av att vara mer miljö- och klimatvänlig än den konventionella krävs åtgärder för att minska produktionens klimat- och miljöpåverkan, utan att den högre djurvelfärden hotas. Emissionerna av N kan som tidigare nämnts minskas genom att ytor med gödsel och urin minimeras. De hårdgjorda rastgårdsytorna som är vanliga inom ekologisk grisproduktion är relativt stora ($>1,0 \text{ m}^2$ per gris) och kan därmed ge mycket utspridd gödsling och urinering. Ett sätt att berika utemiljön för grisarna och samtidigt minska emissionerna av N kan vara att placera en böklåda med torv på en del av rastgårdsytan.

Det här examensarbetet består av en litteraturstudie och ett försök i ett ekologiskt slaktgrisstall. Litteraturstudien berör allt från kvävet klimat- och miljöpåverkan till ekologisk grisproduktion och grisens beteende, särskilt bök- och gödslingsbeteende och även påverkan av olika strömedel. I försöket studeras effekterna av en böklåda på rastgårdsytan med hjälp av beteendestudier, hygienstudier, mätningar av NH_3 -emission och koncentrationsökningar av N_2O .

1.2 Mål, hypotes och avgränsning

Målet med denna studie är att genom att placera en böklåda med torv på rastgårdsytan i ekologisk slaktgrisproduktion berika utomhusmiljön som annars består av betong. Målet är vidare att böklådan ska minska emissionen av N från rastgårdsytan. Då det saknas tidigare mätningar av N_2O -emission från rastgårdsytor i ekologisk grisproduktion är målet för N_2O -mätningarna att detektera om N_2O produceras på rastgårdsytan och se om en böklåda med torv påverkar emissionen.

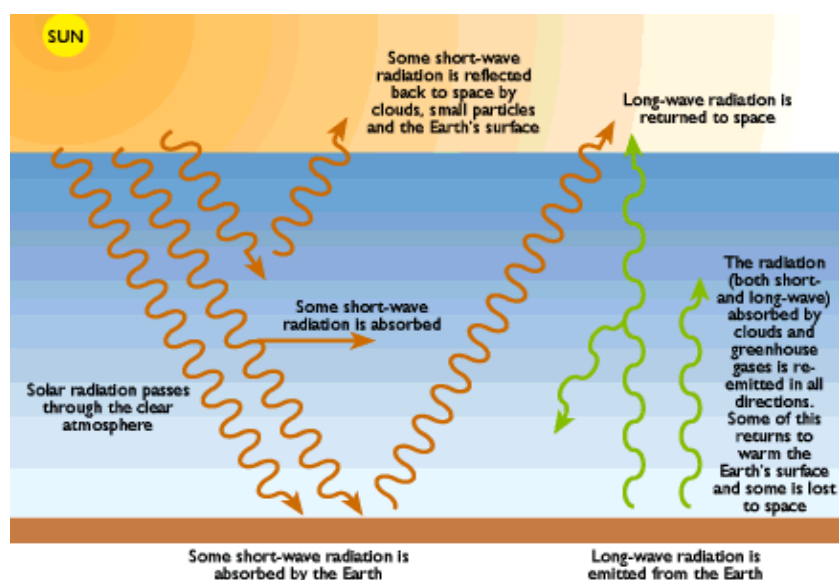
Hypotesen för studien är att en böklåda med torv kan bidra till ökad aktivitet på denna yta i rastgården. Då det är väl känt att grisar inte gärna gödslar på ytor där de är aktiva eller där de ligger bör den ökade aktiviteten i böklådan styra grisarnas gödsling och urinering till en mindre yta utanför böklådan där aktiviteten är lägre. En mer koncentrerad gödsling bör ge lägre NH_3 -emission, eftersom det finns en hög korrelation mellan gödselytans storlek och emission av NH_3 . Torv har en hög förmåga att binda N, vilket tros minska emissionerna av NH_3 , ifall gödsling och urinering sker även i böklådorna. Den koncentrerade gödslingen tillsammans med att torv används bör minska den totala NH_3 -emissionen från rastgårdsytan. Då emissionen av NH_3 minskar kan dock emissionen av N i form av N_2O komma att öka.

Denna uppsats spannar över flera ämnesområden. För att avgränsa uppsatsen fokuseras miljö- och klimatavsnitten i litteraturstudien på gaserna NH_3 och N_2O . Gasmätningarna avgränsas till rastgårdsytor då alla ekologiska grisar utnyttjar denna yta stora delar av året, och utvecklingen går mot fler EU-ekologiska grisar där rastgård är den enda utvistelse som krävs.

2 LITTERATURSTUDIE

2.1 Allmänt om växthuseffekten, försurning och övergödning

2.1.1 Växthuseffekten



Figur 1. Växthuseffekten (EEA, 1995).

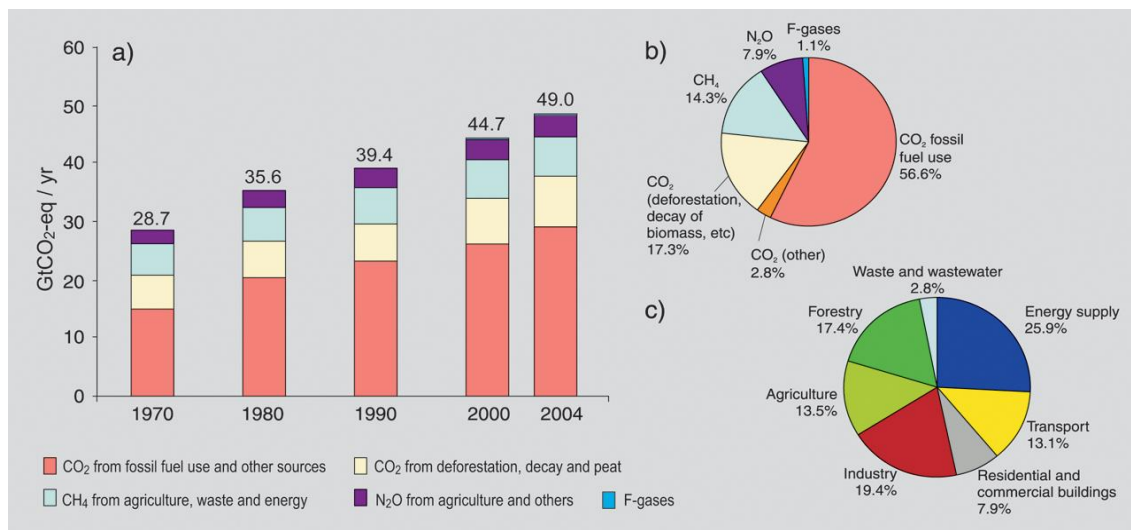
Växthusgaser är gaser i atmosfären som kan absorbera infraröd strålning (värme). De hindrar inte strålningen att nå jorden, men däremot hindrar de en del av den infraröda strålningen att stråla ut genom atmosfären (Figur 1). Denna effekt är naturlig och är en förutsättning för att många arter ska kunna leva, då temperaturen skulle vara omkring 35°C kallare utan den. Människans aktivitet har dock orsakat en ökad koncentration av dessa gaser i atmosfären. Ökade koncentrationer av växthusgaser i atmosfären leder till att strålningen reflekteras ner mot jordens yta i högre utsträckning och temperaturen höjs (Naturvårdsverket, 2008). Människan påverkar klimatet genom utsläpp (s.k. antropogen påverkan) av växthusgaser som koldioxid (CO₂), metan (CH₄) och N₂O. Som framgår av den kemiska formeln ingår kväve i lustgas, men inte i övriga växthusgaser.

Tabell 1. Koncentration och karakteriseringsindex för de viktigaste växthusgaserna (IPCC 2007).

Utsläpp till luft	Preindustriell koncentration	Dagens koncentration	Ökning sedan år 1750	Kategoriindikator (g CO ₂ -ekv/g)
CO ₂	280 ppm	384 ppm	104 ppm (37%)	1
CH ₄	700 ppb	1745 ppb	1045ppb (149%)	21
N ₂ O	270 ppb	314 ppb	44 ppb (16%)	310

CO₂ är den vanligast förekommande växthusgasen i atmosfären, men beräknat per molekyl har gaserna CH₄ och N₂O mycket starkare växthusverkan och de bidrar därmed märkbart till växthuseffekten (Naturvårdsverket, 2008). N₂O har ca 300 gånger så stark växthuseffekt som koldioxid. För att kunna jämföra de olika växthusgaserna med varandra används särskilda faktorer, Global Warming Potential (GWP) (IPCC, 2007). Den enskilda gasens växthuseffekt räknas om till koldioxidekvivalenter genom att växthusgasens emission multipliceras med dess GWP-faktor (Tabell 1).

De senaste åren (1995-2006) har varit de varmaste sedan temperaturen började mätas år 1850 och höjningen av havsnivån har per år varit nästan dubbelt så stor under 2000-talet jämfört med de sista fyra decennierna under 1900-talet. Ett varmare klimat förväntas ge ökad global nederbörd och ökad frekvens av svåra stormar, översvämningar och torka. Isberg och glaciärer kan komma att smälta och därmed höja havsnivån och havsströmmar kan komma att ändras. Klimathotet anses idag vara det största hotet mot mänskligheten (IPCC, 2007).



Figur 2. Globala utsläpp av växthusgaser a) Utsläpp av antropogena växthusgaser, b) växthusgasernas andel uttryckt i koldioxid-ekvivalenter, c) olika sektors påverkan till växthusgasutsläpp uttryckt i koldioxidekvivalenter (IPCC, 2007).

Mellan år 1970 och 2004 har mängden växthusgaser i atmosfären ökat med 70 %, koncentrationen av CO₂ har ökat mest (Figur 2a). Uttryckt i koldioxidekvivalenter utgör CO₂ nästan två tredjedelar av utsläppen av växthusgaser, CH₄ utgör ca 14 % och N₂O utgör ca 8 % (Figur 2b). Globalt står energiförsörjning för de största utsläppen av växthusgaser, följt av industrier och skogsbruk. Jordbruket står för 13,5% av de totala växthusgasutsläppen, vilket är en något större andel än vad transporter utgör (Figur 2c).

Djurhållningen producerar 9 % av all CO₂, 37 % av all CH₄ och 65 % av all N₂O (FAO, 2006). På grund av den starka växthusverkan som CH₄ och N₂O har är djurhållningen en betydande sektor för utsläpp av växthusgaser (Naturvårdsverket, 2006). CO₂ från djurhållningen härrör främst från traktordiesel, tillverkning av handelsgödsel och genom förlust av organiskt markmaterial. Huvuddelen av all CH₄ produceras vid fermentering av foder hos idisslare och N₂O produceras främst från lagring, spridning och omsättning av gödsel i marken (Naturskyddsföreningen, 2007). Globalt producerar nötkreatur och

bufflar mest växthusgaser. Endast CH₄ från gödsel produceras i högre utsträckning från ett annat djurslag, grisarna (Tabell 2).

Tabell 2 Antal djur och deras produktion av växthusgaser (miljoner ton) globalt per djurslag (efter FAO, 2006).

	Antal globalt (miljoner)	CO ₂ (respiration)	CH ₄ (foder)	CH ₄ (gödsel)	N ₂ O (gödsel)
Nötkreatur och bufflar	1496	1906	75,1	7,83	2,22
Små idisslare	1784	514	9,44	0,34	0,68
Grisar	933	590	1,11	8,38	0,44
Fjäderfä	17437	61	-	0,97	0,36

2.1.2 Övergödning och försurning

Övergödning (eutrofiering) är ett stort miljöproblem i hav, sjöar, vattendrag och grundvatten. När stora mängder av framför allt fosfor (P) och N tillförs vatten ökar växtligheten av alger och andra växter. När dessa dör och faller till botten orsakar de syrebrist (Jordbruksverket, 1999). När N transporteras i vattnet omvandlas en del till N₂O och N₂ och en del tas upp av växter eller sedimenteras. Detta innebär att ju längre sträcka N transporteras, desto mindre blir den övergödande verkan. Därför har jordbruk nära kuster större övergödande effekt än gårdar i övriga delar av landet (LRF, 2002). Fram till mitten av 1900-talet var recirkuleringen av näringsämnen inom gården grunden i jordbruket. Dagens i hög grad specialiserade jordbruk är en viktig orsak till läckaget av växtnäring då det innebär svårigheter att fördela gödseln optimalt och därmed recirkulera näringen (Jordbruksverket, 1999).

Försurning orsakas av stora nedfall av svaveldioxider, kväveoxider och NH₃. Svaveldioxider bildas vid förbränning av fossila bränslen i framför allt energianläggningar, industrier och fordon. Kväveoxider bildas också vid förbränning, främst från fordon. NH₃ härrör främst från gödsel inom djurproduktionen och jordbruket står för en betydande del av de försurande utsläppen. I luften bildas salpetersyra och svavelsyra, som faller ned över mark och vatten. Överskottet på vätejoner sätter igång processer som påverkar andra joner, särskilt metaller som lakas ur jorden och viktig näring för växter försvinner. Hur stor den försurande effekten blir beror delvis på storleken av nedfallet men även på markens buffertkapacitet. Kalkning är en kortsiktig lösning för att minska problemet med försurning i mark och sjöar (Vattenportalen, 2006).

Försurning och övergödning kan leda till en minskad biologisk mångfald där arter som effektivt kan utnyttja N tränger undan andra arter. Långvarig tillförsel av N bygger upp N-förråden och marken blir därmed mer känslig för läckage (Jordbruksverket, 1999).

2.1.3 Åtgärder för att minska utsläppen av klimat- och miljöfarliga ämnen

För att minska utsläppen av klimat- och miljöfarliga ämnen krävs stora internationella åtgärder. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) bildades 1988 och de konstaterade att den antropogena påverkan utgjorde ett globalt hot och en internationell överenskommelse efterfrågades. FN's generalförsamling bildade 1994 en ramkonvention kring klimatförändringar, UNFCCC (Naturvårdsverket, 2009). Ett tillägg till konventionen förhandlades fram under samma år i Kyoto i Japan, Kyotoprotokollet. Sverige skrev under avtalet 1998, tio år senare har totalt 182 länder skrivit under. Avtalet trädde i kraft 2005 efter att Ryssland skrivit under, USA har fortfarande inte undertecknat avtalet. Avtalet förbinder länderna att minska utsläppen av växthusgaser i framför allt industriländerna. Ett av målen är att mellan 2008 och 2012 minska utsläppen av växthusgaser med 5 % jämfört med utsläppen under 1990. Avtalet ger varje land en utsläppskvot tilldelad och avtalet gör det möjligt för länder som inte släpper ut allt från sin kvot att sälja utsläppsätter till ett annat land som inte kan sänka sina utsläpp tillräckligt. Länder kan också kompensera för sina utsläpp genom att till exempel plantera skog som tar upp CO₂ eller investera i projekt som minskar emissionerna i andra industriländer. Länderna kan även investera i projekt för att minska emissionerna i fattigare länder. Dessa åtgärder förväntas minska de globala emissionerna av växthusgaser (UNFCCC, 2005). Om de långsiktiga globala klimatmålen ska uppnås krävs att utsläppen av växthusgaser börjar minska snarast och att de halveras fram till 2050. Att uppnå de globala klimatmålen verkar idag avlägset då utsläppen ökat med 70 % de senaste 35 åren och bedöms fortsätta att öka (Miljömålsportalen, 2008).

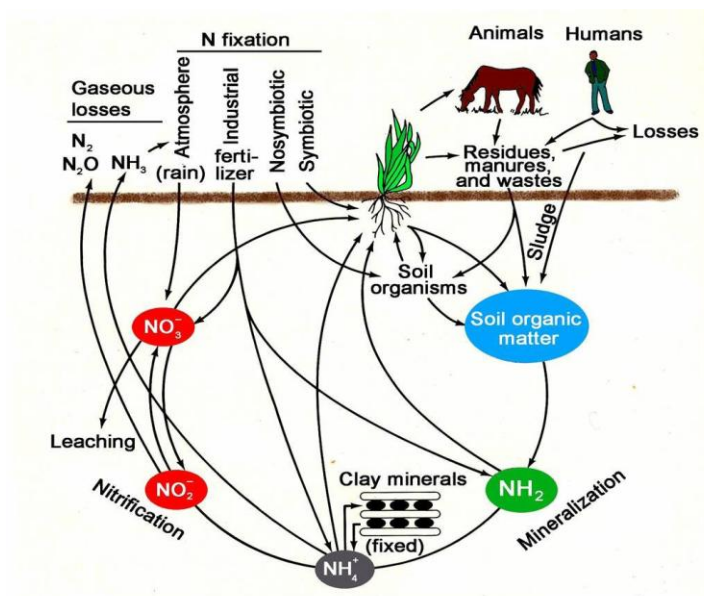
Sverige har satt upp 16 nationella miljömål. Ett av målen är *Minskad klimatpåverkan*, vilket innebär att utsläppen av växthusgaser ska minska med minst 4 % från 1990 års nivå mellan 2008 och 2012 (Miljömålsportalen, 2008). Under 2007 minskade Sveriges utsläpp med två procentenheter. De flesta sektorer har minskat sina utsläpp samtidigt som utsläppen från transportsektorn ökat med 12 %. Sverige har trots transportsektorns ökade utsläpp lyckats minska utsläppen med 9 % sedan 1990 (Regeringen, 2008). Utsläppen av N₂O tillsammans med CH₄ har sedan 1990 minskat med 9,6 % i Sverige (Naturvårdsverket, 2007). Minskningen av utsläppen beror främst på att djurhållningen har minskat men även på ett effektivare kväveutnyttjande och bättre gödselhantering (Naturvårdsverket, 2006). Ett annat mål är *Bara naturlig försurning*, som består av fyra delmål (sjöar och vattendrag, skogsmark, utsläpp av svaveldioxid och kvävedioxider). I Sverige kommer tre av delmålen att uppnås, för kväveoxider är minskningen osäker. En stor del av de försurande utsläppen som faller ner över Sverige har sitt ursprung i andra länder i Europa. Utsläppen av de försurande svavel- och kväveföreningarna från land i Europa har minskat, dock inte tillräckligt. Från sjöfarten ökar utsläppen och ökat skogsbruk kan ge ökad risk för försurning. Miljömålet *Ingen övergödning* är uppdelat i fyra delmål (vattenburna fosfor- och kväveföreningar samt NH₃ och kväveoxider i luft). För NH₃ är målet att utsläppen ska minska med 15 % mellan åren 1995 och 2010. Detta delmål uppnåddes år 2005 och ytterligare minskningar väntas, till skillnad från övriga delmål som först kan komma att uppnås om större insatser görs. Jordbruket, som står för 85 % av NH₃-utsläppen i Sverige, har minskat sina utsläpp med 18 % sedan 1995 (Miljömålsportalen, 2008).

2.2 Kväve

2.2.1 Kvävet kretslopp

Kväve (N) är ett grundämne som kan förekomma i fast, flytande och gasform. Kvävet kretslopp anses vara det mest betydande efter kretsloppet (C) kretslopp. N är en viktig beståndsdel i allt levande som till exempel klorofyll, enzymer och aminosyror (Brady, 1990). Alla levande organismer består av C och N i olika proportioner. Denna C:N-kvot är svår att matcha helt i näringsintaget, vilket leder till över- eller underskott på kväve. Överskott och oanvändbart kväve omvandlas och utsöndras i kvävecykeln (Sprenst, 1987).

Atmosfären består till 79 % av kvävgas (N_2). I atmosfären finns N även i form av kväveoxid (NO), kvävedioxid (NO_2), N_2O och NH_3 . N finns i oorganisk form som ammonium (NH_4^+) och nitrat (NO_3^-). N tas lättast upp av växter i form av NO_3^- , men kan även tas upp som NH_4^+ . N tillkommer markens kretslopp genom syntetiskt gödsel, dött växtmaterial, gödsel och urin från djur samt ammonium- och nitratsalter som tillkommer med nederbörd. Vissa mikroorganismer kan binda atmosfäriskt kväve och omvandla det till en form som därmed tillkommer markens kretslopp och kan utnyttjas av växter. N förloras från markens kretslopp genom borttagning av växtmaterial, dränering, erosion och genom emissionsförluster (Brady, 1990).



Figur 3. Kvävet kretslopp (Jordbruksverket, 2005 efter Brady 1984).

N kan fixeras i marken då exempelvis dött växtmaterial och exkrementer från djur tillsätts jordar. De oorganiska N-joner (NO_3^- och NH_4^+) som tillsätts jorden kan absorberas i mikroorganismer som producerar organiskt material av kvävet. Den

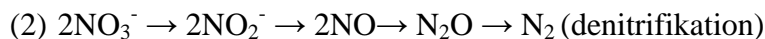
omvända processen kallas *mineralisering*. Produkten av mineralisering är NH_3 , som kan avgå till atmosfären i form av $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ (Brady, 1990) eller omvandlas vidare genom nitrifikation och denitrifikation (Persson, 2003).

Nitrifikation är en aerob process som sker i kväverika miljöer. En del av NH_4^+ oxideras till NO_2^- av bakterien *Nitrosomonas* och vidare till NO_3^- av bakterien *Nitrobacter* (1) (Jordbruksverket, 1999). Reaktionen sker snabbast runt pH 7-8 (Sprent, 1987).

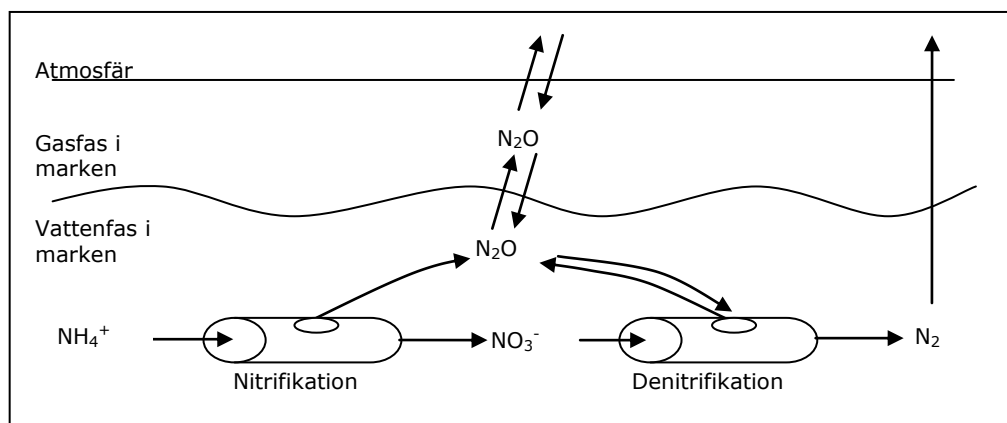


NO_3^- kan utnyttjas av växter och mikroorganismer. Det är ofta den dominerade kväveformen i jordbruksmarker (Sprent, 1987). Föreningen är negativt laddad och binds därför inte till kolloiderna i jorden utan finns främst löst i markvätskan, vilket ökar risken för denitrifikation och urlakning med grund- och ytvatten och så småningom till vattendrag och kustområden (Granli & Bøckman, 1994).

Denitrifikation innebär en omvandling av NO_3^- till N_2 under anaeroba förhållanden. Startprodukten i denitrifikationen är slutprodukten från nitrifikationen (2). Flera bakteriearter har förmåga att omvandla NO_3^- till gasformiga kväveföreningar. Bakterierna utnyttjar normalt syre, men när syre saknas kan de ändra omsättningen till att utnyttja kväveföreningar (främst NO_3^-). Processen kan ske i alla klimat och särskilt i avloppsvatten, kraftigt gödslade jordar och i andra kväverika miljöer. Reaktionen kan ske mellan pH 3,5 och 11, med ett optimalt pH på 7-8. Upp till 25 °C ökar denitrifikationshastigheten kraftigt (Sprent, 1987).



Nitrifikation följt av denitrifikation reducerar emissionerna av NH_3 om reaktionen är fullständig, då slutprodukten blir inaktiv N_2 . Nitrifikation är en aerob process, medan denitrifikation kräver en anaerob miljö. För att båda reaktionerna ska kunna ske fullständigt krävs därför en komplex miljö. Om miljön inte är optimal ökar emissionerna av mellanprodukterna NH_3 , NO och N_2O (Groenestein & Van Faassen, 1996).



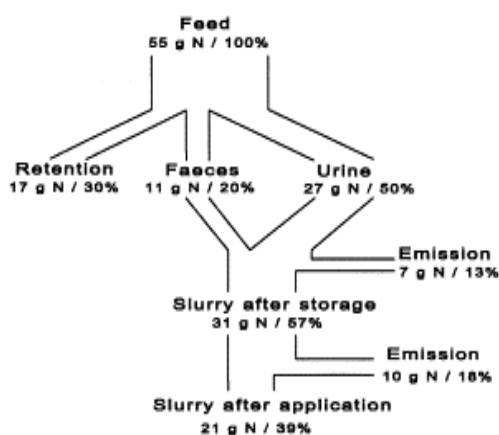
Figur 4. Bildning av N_2O genom nitrifikation och denitrifikation. Storleken på öppningarna i cylindrarna anger andelen bildade produkter (Efter Granli & Bøckman, 1994).

NH_3 är en färglös gas med stickande lukt och hög löslighet i vatten (Jordbruksverket, 1999). Gasen är basisk och kan tillsammans med vatten bilda ammonium- och

hydroxidjoner ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$) (Jordbruksverket, 1999). N_2O (lustgas, dikväveoxid) är en mycket stabil molekyl som har en livslängd i atmosfären på ca 150 år. N_2O är även ozonnedbrytande om föreningen omvandlas till NO^* , vilket kan ske vid kollision med syre (Baird, 1998).

2.2.2 Kväve i grisproduktionen

Den konventionella grisproduktionen i Sverige är en i hög grad specialiserad produktion med hög djurtäthet. En stor del av den konventionella grisproduktionen är koncentrerad till Götalands södra slättbygder (kustnära områden) medan Svealands slättbygder producerar mer fodersäd och har betydligt färre grisar. Den kustnära produktionen och den höga djurtätheten leder till att mer N finns i omsättning. På grund av att det finns lite omgivande vegetation som kan fånga upp kvävet samt den korta sträckan till havet försvinner mycket av N från marken. Dessa faktorer leder till övergödning i haven (Naturskyddsföreningen, 2006). Enligt en livscykelanalys av griskött är den största miljöpåverkan från grisproduktionen övergödning och försurning, som i hög grad härrör från primärproduktionen. Hela 60 % av den försurande påverkan kommer från NH_3 -emission huvudsakligen från stallar och gödsellager (Cederberg & Darelus, 2001). Transporter, förpackningar och hantering i butik med mera har endast en försumbar påverkan (LRF, 2002). Inom den konventionella grisproduktionen är utsläppen av N_2O ungefär en tredjedel av CH_4 -utsläppen. Då även foderproduktion medräknas utgör N_2O hälften av växthusgaserna på grund av gödselanvändningen vid framför allt spannmålsodling. (Cederberg & Darelus, 2001) Då hela uppfödningsskedjan för konventionella slaktgrisar har studerats har det visats att det mesta av N i fodret utsöndras med urinen (50 %). Med gödseln utsöndras 20 % och endast resterande N (30 %) utnyttjas som näring i grisen. Under lagring av gödseln emitteras 13 % och vid ytspridning av gödseln emitteras 18 % av foderkvävet (Figur 5) (Aarnink, 1997).



Figur 5. Exempel på kvävekedjan för växande grisar. Grisarna föddes upp konventionellt och gödseln spreds med ytspridning. Grisarnas kväveintag var 55 g per gris och dag (Aarnink, 1997).

Den ekologiska grishållningen skiljer sig mycket från den konventionella grishållningen. Produktionen är inte specialiserad i samma utsträckning som den konventionella på

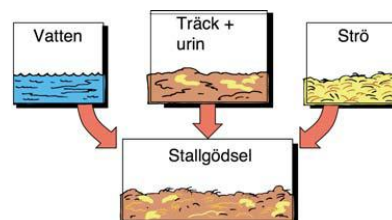
grund av att balansen mellan djurhållning och växtodling är central och mängden N som cirkulerar är mindre (Naturskyddsföreningen, 2006). Trots detta visar en sammanställning av tre livscykelanalyser att ekologisk grisproduktion (smågris + slaktgrisproduktion) bidrar i upp till dubbelt så hög utsträckning till övergödning jämfört med den konventionella grisproduktionen beräknat per kilo kött, vilket beror på att större arealer åtgår per kilo kött och att konstgödsel är förbjudet. Naturgödsel ger kraftigare läckage av övergödande ämnen än konstgödsel och ekologisk produktion har därför en förhållandevis stor påverkan på övergödningen räknat per kilo produkt. Beräknat per hektar är övergödningen dock ofta lägre för ekologiska gårdar jämfört med konventionella. Energiåtgången och användningen av kemiska bekämpningsmedel är lägre än i den konventionella grisproduktionen (Nilsson, 2006). En livscykelanalys av ekologiskt griskött (Cederberg & Nilsson, 2004) visade att hälften av växthusgasemissionen utgjordes av N_2O (baserat på schablonvärden från konventionell grisproduktion).

2.2.2.1 Kvävetabolism hos grisar

Foderkvävet består av proteiner som är uppbyggda av aminosyror. I magsäcken bryts vissa proteiner ner till peptider av enzymet pepsin. Den huvudsakliga nedbrytningen sker dock i tunntarmen av proteaser utsöndrade från bukspottskörteln. Proteaser bryter ner proteinerna till kortkedjiga peptider och små mängder aminosyror. Den slutliga nedbrytningen sker i membranet i epitelcellerna i tarmväggen. En stor del av aminosyrorna transporteras till levern där en del utnyttjas till proteinsyntes (Sjaastad m.fl., 2003). De absorberade aminosyror som inte används för proteinsyntes i metabolismen deamineras till flyktiga fettsyror (VFA) och NH_3 . Levern omvandlar NH_3 till urea, som inte kan utnyttjas i metabolismen (Canh, 1998). Hos grisar utsöndras urean genom njurarna och ut i urinen. De aminosyror som inte absorberas i tunntarmen degraderas av bakterier i grovtarmen och utsöndras slutligen som mikrobprotein i träcken (Sjaastad m.fl., 2003).

2.2.2.2 Faktorer som påverkar N-emissionen (främst NH_3 och N_2O) från stallgödsel

Processen bakom kväveemissionen från stallgödsel kan beskrivas i ett antal olika steg (Tabell 3). Inom varje steg påverkar olika faktorer de kemiska och fysikaliska förhållandena i närmiljön, som i sin tur påverkar emissionen. Ett försök att sammanfatta de påverkande faktorer och de kemiska och fysikaliska förhållandena har gjorts i Tabell 3. Utgångsläget och steg 1 utgörs av själva stallgödseln och innehållet i denna. Stallgödsel är en heterogen produkt med varierande inblandning av vatten, träck + urin och strö (Figur 6).



Figur 6. Stallgödselns komponenter (Jordbruksverket, 2006).

Tabell 3. Faktorer som påverkar NH_3 -emissionen från gödseln till omgivande luft i stallmiljön (Schematisk uppställning efter Salomonsson, 2003).

Steg	1. Gödsel (fast del och vätskefas)	2. "Luftkudde" ovanför gödseln	3 Omgivande luft
Exempel på faktorer som påverkar NH_3-emissionen i stallmiljön <ul style="list-style-type: none"> • Foderutnyttjande • Innehåll av råprotein i fodret • Djurkategori • Djurbeläggning • Tiden gödseln "lagras" i stallet • Utgödslingsfrekvens 	Mängd N - "at risk" i träck och urin		
<ul style="list-style-type: none"> • NSP i fodret • Temperatur (påverkar bl. a. aktiviteten hos enzymet ureas) 	Urin/urea $\Rightarrow \text{NH}_4^+$		
<ul style="list-style-type: none"> • Strömedel 	Biomassa i mikrober $\Leftrightarrow \text{NH}_4^+$		
<ul style="list-style-type: none"> • pH i gödselns vätskefas • Utgödslingsssystem 	$\text{NH}_4^+ \Leftrightarrow \text{NH}_3$		
<ul style="list-style-type: none"> • Strömedel • Gödselns kontaktyta mot luften • Temperatur 		$\text{NH}_3 \Leftrightarrow \text{NH}_3$	
<ul style="list-style-type: none"> • Luftflöde och lufthastighet 			$\text{NH}_3 \Rightarrow \text{NH}_3$

Ett bra **foderutnyttjande** minskar mängden kväve i gödseln (Botermans och Olsson, 2004). För bästa foderutnyttjande behöver grisar foder med tillräcklig mängd aminosyror och en optimal sammansättning av dessa. För lågt innehåll kan leda till sämre tillväxt, högre fettansättning och större kväveförluster. Överskott på vissa aminosyror ersätter inte brist av andra och överskottet av vissa ger också kväveförluster. Helsvenska foderblandningar har ofta brist på aminosyran lysin och i foderstater med mycket baljväxter kan metionin också saknas. Inom den konventionella produktionen regleras proteinsammansättningen med syntetiska aminosyror. Därmed kan råproteinhalten i fodret sänkas utan att brist på vissa aminosyror riskeras. Inom den ekologiska produktionen är syntetiska aminosyror förbjudna, vilket gör det svårare att sänka råproteinhalten utan att riskera brist på essentiella aminosyror. För att tillgodose behovet av alla essentiella aminosyror krävs därför en högre råproteinhalt i fodret till ekologiska grisar (Källander, 2005). Ekologiska grisar har generellt lägre kväveeffektivitet än konventionella på grund av det högre råproteininnehållet i fodret. Detta leder till mer N i gödseln och därmed större emissioner av NH_3 och N_2O per kilo producerat kött (Cederberg & Nilsson, 2004).

Genom att sänka **råproteinhalten** i fodret (inom rimliga gränser) kan emissionen av NH_3 minskas. För varje procentenhet som råproteinhalten sänks kan emissionen

minskas med 10-15 % (Olsson m.fl., 2007; Leek m.fl., 2007; Hansen m.fl., 2007; Hayes m.fl., 2004; Canh m. fl., 1998). Høøk Presto m.fl. (2007) konstaterade att då ekologiska grisar utfodras *ad libitum* kan innehållet av aminosyror (lysin, meteonin+cystein och treonin) sänkas med 7 % eller 14 % under rekommenderad mängd utan några negativa effekter på produktionsresultat.

Huvuddelen av all NH_3 som utsöndras har sitt ursprung från urea i urinen. Urea omvandlas till NH_3 och CO_2 av enzymet ureas, som finns i gödsel och jord men inte i urin (Canh, 1998). NH_3 -emissionen kan minskas genom att styra exkretionen av N från urea i urin till protein i träcken då detta kväve är inbyggt i mikrober och bryts ner långsamt, jämfört med urean i urinen (Canh, 1998). Genom att inkludera **Non Starch Polysaccharides i fodret (NSP)**, framförallt i form av cellulosa kan N-utsöndringen styras till att bli högre i träcken och lägre i urinen (Aarnink, 1997).

Djurbeläggningen påverkar mängden stallgödsel i stallet och därmed NH_3 -emissionen. Undersökningar från LBT har visat på ett nästan linjärt positivt samband mellan NH_3 -emission och djurantal, vilket förklarades med ökad mängd gödsel på golvytorna (Gustafsson, 2000).

Utgödslingsfrekvensen påverkar också mängden stallgödsel i stallet och är därför ytterligare en viktig faktor som påverkar emissionen (Ivanova-Peneva m.fl., 2006; Aarnink m.fl., 1995). NH_3 -emissionen ökar när gödseln har legat i mer än ett dygn (Gustafsson, 1996).

I gödselns vätskefas råder ett jämviktsförhållande mellan NH_3 och NH_4^+ som är beroende av **pH-värdet**. Då pH sjunker förskjuts jämvikten mot NH_4^+ . Vid pH 7 föreligger endast 1 % som NH_3 . Vid pH 9 är produktionen av NH_3 som högst (Gustafsson, 2000). NH_3 avdunstar lätt till luften och pH-värdet är därmed en viktig faktor för hur stor emissionen blir (Persson, 2003; Canh, m.fl., 1998; Sprent, 1987). Genom att sänka elektrolytbalansen i fodret ($\text{Na}+\text{K}+\text{Cl}$) med Ca-salter kan pH i gödseln sänkas (Canh, m.fl., 1998). Ca-bensoat kan sänka pH i träck och urin väsentligt (Canh m.fl., 1998; Hansen m.fl. 2007). En inkludering av 3 % bensoat, sänkning av råproteinhalten från 16-14 % eller 15 % inulin i fodret sänker pH i träck och urin och sänkte NH_3 -emissionen med 30 %, 57 % respektive 34 % i en studie av Hansen m.fl. (2007).

pH-värdet i gödseln varierar i olika **utgödslingssystem**. Vid pH 7 som råder vid luftfri lagring av flytgödsel har alltså nästan all NH_3 omvandlats till ammoniumkväve. Därför är flytgödsel inte så utsatt för förluster, inte heller en blöt kletgödsel. Fastgödsel och urin däremot har pH 8-9 och är därför mer utsatta för NH_3 -förluster (Salomonsson, 2003). Spalt med skrapor har visats ge lägre NH_3 -emission än system med manuell utgödsling (Ivanova-Peneva m.fl., 2008).

Enligt EU:s förordning (1999) och KRAV (2008b) ska alla grisar ha tillgång till en tillräcklig mängd **strö- och bökmateriäl** för att kunna undersöka och böka. Materialet ska inte vara skadligt för grisarna och kan vara halm, hö, spån eller likvärdiga material. Förutom att strö är viktigt för grisarnas välbefinnande påverkar strömaterialiet också de fysikaliska och kemiska förhållandena i närmiljön och därmed också emissionerna av N. Skillnaderna mellan olika strömedel är stora. Torv har t ex en NH_3 -bindande förmåga som är upp till fyra gånger så stor som hos halm beräknat på torrsustans (Larsson m.fl., 2000). En djupströbädd bestående av 60 % torv och 40 % hackad halm gav i en studie

av Jeppsson (1996) 50 % lägre NH₃-emission jämfört med en djupströbbädd av hel halm. Halm har i sin tur generellt en högre NH₃-bindande förmåga än spån (Jeppsson, 1996).

Tabell 4. NH₃-bindande förmåga (% av ts) och C:N-kvot för olika strömedel (Efter Jeppsson, 1996)

Strömedel	NH ₃ -bindande Förmåga	C:N-kvot
Kornhalm	0,85	80-140
Havrehalm	0,50	
Hackad halm	0,25	
Sågspån	0,24	200-400
Kutterspån	-	
Torv (pH 3,5-4,0)	1,0-2,0	~ 100

Strö- och bökmaterialet påverkar kväveemissionen på olika sätt. Bl.a. kan materialet främja immobiliseringen av oorganiskt kväve från gödseln till biomassa i mikrober (Sommer m.fl., 2006). Därmed "hålls kvävet kvar" genom att det binds organiskt i mikroorganismerna och mängden N som kan avgå till luften i form av NH₃ minskar. En viktig förutsättning för en sådan ökad mikrobiell aktivitet är dock en hög C:N kvot. Grisdödsel har en låg C:N-kvot på omkring 4, det vill säga lite tillgängliga kolhydrater för energiomvandling för mikroorganismerna. Strö- och bökmaterial höjer C/N-kvoten. Andersson (1996) studerade olika strömedels förmåga att binda N och hans resultat antyder att det inte bara är C:N kvoten hos strömedlet som påverkar emissionen utan även tillgängligheten hos C och strömateriallets struktur. Halm har en hög C/N- kvot, vilket ökar mängden nedbrytbart C. C härstammar i huvudsak från strömedlet medan N främst härstammar från urin och gödsel. Genom att välja ett strömedel med hög C:N-kvot och med både lätt- och svåråtkomligt C kan emissionen av NH₃ minskas (Gustafsson, 2000). Strömedlet kan också ha betydelse för pH i gödseln, vilket som beskrivits tidigare påverkar emissionerna av NH₃. Blanes-Vidal m.fl. (2008) mätte emissioner från flytgödsel blandat med antingen majsensilage, halm eller träflis och jämförde med emissioner från ren flytgödsel. Emissionen av NH₃ blev lägre när bökmaterial tillsattes, vilket förklarades av att det bildades ett svämtäcke på gödseln och på att pH sänktes när materialen tillsattes. Vidare konstaterades att halm gav lägre NH₃-emission, lika hög N₂O-emission men dubbelt så hög CH₄-emission som majsensilage. När flytgödsel blandades med olika strömedel i laboratorium gav gödsel blandat med träflis högre NH₃-emission än ren gödsel.

Gödselns kontaktyta mot luften är ytterligare en faktor som påverkar NH₃-emissionen. Andersson (1996b) redovisade ett linjärt samband mellan arean på gödselytan och NH₃-emissionen och andra forskare (Aarnink m.fl., 1996; Ivanova-Peneva m.fl., 2006; Ivanova-Peneva m.fl., 2008) har konstaterat en större NH₃-emissionen hos slaktsvin med en ökad smutsighetsgrad i boxarna. Strö- och bökmaterial kan också påverka kontaktytan mot luften genom att bilda ett lager (svämtäcke) i gödselkulturar och gödsellager som begränsar emissionen av NH₃.

NH₃-förlusterna blir lägre ju lägre **temperatur** gödseln har. En orienterande undersökning (Carlsson & Nilsson, 1999) visade att kylning av kulturgolv med hjälp av värmepump i grisstall är en möjlig åtgärd för att minska avgången av NH₃ och nu tillämpas denna teknik allmänt i våra grisstallar (Botermans, 2008, pers meddelande). En ökad temperatur i luften (Jeppsson, 2002; Balsari m.fl., 2007; Svensson, 1993; Brady

1990; Sprent, 1987) bidrar till en högre NH_3 - emission. Mängden flyktig NH_3 beror på jämvikten mellan NH_3 i vätskeform och NH_3 i gasfas och är temperaturberoende. Ju högre temperatur desto större är andelen NH_3 i gasform (Salomonsson, 2003). En studie av Svensson (1993) visade att när temperaturen ökade från 14°C till 24°C ökade NH_3 -emissionen trefalt vid spridning av gödsel.

Även bildningen av N_2O har visats öka kraftigt med ökande temperatur upp till 20-40°C. Emissionerna är således högre under sommarhalvåret och emissionerna är högre på våren än på hösten. Hög fuktighet som till exempel efter kraftiga regn ökar också emissionerna av N_2O . N_2O -emissionerna varierar kraftigt under året, från vecka till vecka och kan även variera under en dag (Granli & Bøckman, 1994). I en annan studie har töväder under vinter och vår däremot visats ge ökade emissioner från jordbruksmark. Emissionen under vinterhalvåret visade sig vara 70 % av den årliga emissionen i en studie i Tyskland av Röver m.fl. (1998), trots snötäcke och minusgrader.

Sänkning av **luftflöde och lufthastighet** i stallet ger en minskad NH_3 -emission (Andersson, 1996 b). Mellan grisarnas aktivitet och emission ses också ett samband (Jeppsson, 2002; Sommer m.fl., 2006). Korrelationen kan bero på sambandet mellan aktivitet och ventilationsflöde men även på att grisar urinerar i högre utsträckning då de är mer aktiva (Sommer m.fl., 2006). Dygnsvariationen är stor, med lägst emission tidigt på morgonen (Jeppsson, 2002), vilket också bekräftas av Aarnink m.fl. (1995) som uppmätte 7 % högre emission dagtid jämfört med nattetid. Som högst är emissionen på eftermiddagen (Jeppsson, 2002; Aarnink m.fl., 1995). På grund av högre lufthastighet är emissionen av NH_3 också större utomhus på hårdgjord yta jämfört med i boxar inomhus (Ivanova-Peneva m.fl., 2008).

2.3 Ekologisk djurhållning

2.3.1 Utveckling och filosofi

Den ekologiska rörelsen grundades i början av 1900-talet på flera håll i norra Europa (Lund, 2003). Grundaren till antroposofin var filosofen Rudolf Steiner (1861-1925). Han var den förste att beskriva ett alternativt system där djur ingick, och hans idéer lade grunden till det Biodynamiska Jordbruket som kom att utvecklas i Tyskland. Steiner såg djuren som en del av jordbruket, där jord, växter och människor utgjorde de andra delarna. Hans idéer om hur djur ska behandlas ligger nära de moderna etologiska resonemangen (Lund, 2002). Det Organiska Jordbruket utvecklades i England efter Sir Albert Howards tankar i "An agricultural Testament" från 1940. I Schweiz utvecklades det Ekologiska Jordbruket av Hans-Peter Rusch och Hans Müller. De olika rörelserna hade sina egna filosofier men en gemensam grundfilosofi; det starka sambandet mellan jordbruket och naturen. De tog också avstånd från användandet av olika syntetiska ämnen i syfte att maximera avkastningen (Guillou & Scharpé, 2001).

Den Biodynamiska Rörelsen kom till Sverige 1935 till Mikaelsgården i Järna och 1944 bildades den Biodynamiska Föreningen. Kontrollorganisationen för biodynamisk odling,

Svenska Demeterförbundet bildades 1957 som en av medlemmarna i den Internationella Demeterföreningen. Det biodynamiska lantbruket kom senare att inspirera bland andra Ekologiska Lantbrukarna och KRAV (Lund, 2003; Demeterförbundet, 2007; Biodynamiska Föreningen, 2008). På 50-talet var det huvudsakliga målet för jordbruket att öka produktionen av livsmedel och det ekologiska lantbruket hamnade i skymundan (Guillou & Scharpé, 2001). Under 70-talet kom dock reaktioner på den alltmer industrialiserade och effektiviserade djurhållningen, vilket ledde till en utveckling inom den ekologiska djurhållningen mot att bli mer anpassad till djurens behov (Källander, 2005). Den internationella paraplyorganisationen IFOAM (International Federation of Agricultural Movements) bildades 1972 med svenska Biodynamiska Föreningen som en av fem grundorganisationer. Idag har IFOAM över 700 medlemsorganisationer i över 100 länder. IFOAM skriver det internationella regelverket för ekologisk produktion. Utifrån detta regelverk utarbetar lokala och nationella kontrollorganisationer sina egna regler (Lund, 2003). KRAV bildades 1985, med målet att skapa en trovärdig märkning av ekologiska livsmedel och förenkla för konsumenter att göra en miljöinsats (KRAV, 2008a). KRAV är idag ett mycket känt varumärke, som enligt föreningens SIFO-undersökning är känt av 98 % av befolkningen (KRAV, 2007).

Det ekologiska lantbruket står i hög grad för ett ekocentriskt synsätt (Lund, 2002), vilket innebär att ekologisk uthållighet ses som ett överordnat mål. Stor vikt läggs vid systemtänkande, och helheten ses framför beståndsdelarna (Lund, 2003). Inom den ekologiska djurhållningen innebär synsättet att djurslagets och flockens välfärd sätts framför individens. Därmed utsätts djuren i större grad för risker som att till exempel tas av rovdjur eller att få parasiter jämfört med djur i konventionell produktion (Källander, 2005). Det anses viktigt att djuren får leva så nära det de evolutionärt är anpassade till och få foder som är anpassat till deras fysiologi. Inställningen bygger på respekt för naturen och en övertygelse om att människan ska styra så lite som möjligt över naturen (Lund, 2003).

2.3.2 Djurhälsa och djurvelfärd i ekologisk djurhållning

Mycket av hälsoarbetet i ekologisk djurhållning handlar om att förebygga problem istället för att behöva slå ut djur (Källander, 2005). En litteraturstudie av Lund & Algers (2003) visar att forskning inom området djurvelfärd i ekologiskt lantbruk är begränsad. Forskningen har främst fokuserat på djurhälsa och i stort sett inga andra aspekter av djurvelfärd har studerats (Lund, 2003).

Inom forskningsprojektet Djurhälsa i ekologisk djurhållning (Hansson m.fl., 1998) studerades slakteriernas besiktningsfynd, övriga slaktfynd, slaktvikt och klassning för både KRAV-djur och konventionella under 1997. År 1997 hade 28 % av de konventionella grisarna respektive 17 % av de ekologiska en eller flera slaktanmärkningar. Undersökningar av slaktanmärkningar ger inte hela bilden av djurens hälsa, men ger en bild av skillnaderna mellan de konventionella och ekologiska djuren. Slaktstatistik från 2005 för grisar visar en mindre positiv bild av djurhälsan jämfört med statistiken från 1997 (Åkerfeldt m.fl., 2007). I statistiken från 2005 var siffrorna omvända, 29 % av de ekologiska grisarna hade anmärkningar jämfört med 20 % av de konventionella grisarna. Lungsäcksinflammationer är den mest förekommande

anmärkningen för konventionella grisar medan leverskador är den vanligaste slaktanmärkningen för ekologiska grisar. Den lägre förekomsten av lungsäcksinflammationer hos eko-grisarna beror troligen på utevistelsen. Leverskador stod 2005 för hela 60 % av anmärkningarna hos eko-grisarna. Under 1997 var det små skillnader i leveranmärkningar mellan ekologiska (3,8 %) och konventionella grisar, men de konventionella grisarna hade anmärkningen i något högre utsträckning. Åtta år senare visar statistiken att denna anmärkning är mycket vanligare hos de ekologiska grisarna (12,8 % respektive 3 %). Ekologiska grisar är mer utsatta för parasitangrepp eftersom de vistas utomhus samt att förebyggande behandlingar inte får användas. Varför anmärkningen har ökat hos de ekologiska djuren är oklart. I båda undersökningarna förekom ledinflammationer i högre utsträckning hos KRAV-djuren. Ledskador orsakas ofta av rödsjukebakterier som finns i jorden, och drabbar därför utegrisar och grisar med halmbädd i högre utsträckning. Vaccinering mot bakterien är tillåten i ekologisk produktion, och kan minska problemet. Övriga ledskador är också mer förekommande, vilket tros bero på de större ytor och större skaderisk i utfällor.

I en studie av Lindgren m.fl. (2005) studerades förekomsten av parasiter hos ekologiska slaktgrisar i mobila system med hyddor sommartid och grisar i stationära system. Förekomsten av både spol- och knutmask var högre än i tidigare liknande studier. Av de undersökta grisarna hade över 50 % spolmaskägg och 80 % hade ägg från knutmask i träcken. En låg förekomst av piskmask konstaterades, dock färre hos grisarna i de mobila systemen. Salomon m.fl. (2005) och Lindahl (2003) har studerat ekologiska grisar i hydd- respektive stallsystem under betesperioden. Studierna visade att båda systemen ger grisarna god möjlighet att utföra sina naturliga beteenden såsom att böka och undersöka omgivningen. De kunde själva välja om de ville vara ute eller inne och de hade stora ytor att röra sig på. Inga stereotypa beteenden sågs på de gårdar som studerades och förekomsten av sårskador var låg. En studie av Olsson m.fl. (2007) visade på en låg förekomst av skador, och en minskning i skaderegistreringar ju äldre slaktgrisarna blev. Resultatet tros bero på lägre aggressionsgrad på grund av större ytor och en högre sysselsättningsgrad än i konventionell produktion.

I välfärdsbegreppet inom den konventionella djurhållningen betonas framför allt god hälsa, tillväxt och produktion. I ekologisk djurhållning är även möjligheten att utöva naturliga, medfödda beteenden centrala begrepp och förutsättningar för hög djurvälstånd (Källander, 2005). Begreppet djurvälstånd är centralt inom all djurhållning men är inte särskilt väldefinierat (Miljöforskning, 2008). Broom (1991) beskriver välfärd som djurens förmåga att klara av sin miljö. God välfärd innebär att djuret har kontroll över de faktorer som påverkar djurets liv. För att kunna bedöma djurens välfärd krävs att man väger samman djurens beteende, fysiologi, immunologi, skade- och sjukdomsförekomst, tillväxt, reproduktion och risk för dödlighet,

2.3.3 Ekologisk djurhållning i Sverige

Inom EU finns en förordning för ekologisk produktion (2092/91). De regler som gäller för EU-ekologiska producenter är grundregler som även gäller för medlemmar i KRAV (Karlsson, 2007). Så sent som 1999 beslutades att EU:s förordning om ekologisk odling även skulle omfatta djurhållning (Rådets förordning, 1999). De företag som vill använda

den ekologiska märkningen måste certifieras av ett certifieringsbolag som är godkänt av landet. I Sverige finns olika typer av certifiering för ekologiska produkter: EU-märkning, KRAV och Demeter. Biodynamiska produkter certifieras av Demeter, ekologisk produktion certifieras av KRAV:s dotterbolag Aranea och från 2007 även av SMAK (Svensk Matpotatis kontroll), Valiguard och Hushållningssällskapet Kalmar-Kronoberg-Blekinge (KRAV, 2008a; Svenska Demeterförbundet, 2007). Ett certifierat företag har rätt att utan kostnad använda EU-märkningen. KRAV tar däremot ut en licensavgift från företag som använder KRAV-märkningen (Karlsson, 2007). Jordbruksverket och Livsmedelsverket ansvarar för att EU:s regler följs, och kontrollerar de företag som certifierar den ekologiska produktionen. Jordbruksverkets ansvarsområde är odling medan Livsmedelsverket övervakar förädlingen. Konsumentverket har tillsynsansvar för marknadsföring av ekologiska varor (Konsumentverket, 2007).

Det *Biodynamiska Jordbruket* följer Svenska Demeterförbundets regler, som är de strängaste för ekologisk odling för närvarande. Biodynamiska preparat används för att stimulera jordens och växternas biologiska förhållanden i syfte att framställa livsmedel av hög kvalitet. Reglerna för djurhållning inom det biodynamiska lantbruket skiljer sig inte nämnvärt från KRAV:s regler, men djurens betydelse i gårdens ekosystem betonas. Konventionellt odlad foder är förbjudet och minst 80 % av det dagliga foderintaget ska komma från biodynamisk odling, resterande 20 % kan komma från KRAV-godkänd produktion (Demeterförbundet, 2007).

KRAV står för Bra miljö, God djuromsorg, God hälsa och Socialt ansvar. Kemiska bekämpningsmedel, konstgödsel eller genmodifierade organismer får inte användas eftersom KRAV förespråkar en hållbar produktion och en ökad mångfald. Så stor del som möjligt av fodret skall produceras på den egna gården för att näringen ska cirkuleras i kretsloppet på gården. Att djuren kan utföra sina naturliga beteenden är viktigt. God hälsa eftersträvas i alla led; hos djuren, hos lantbrukarna som slipper hantera kemikalier och hos konsumenterna som känner välbefinnande av att det man äter är bättre för djur och miljö än konventionellt producerade livsmedel. En KRAV-godkänd produktion kan bli underkänd om arbetsvillkor och sociala förhållanden vid produktionsplatsen är undermåliga och märkningen tar på så sätt ett socialt ansvar (KRAV, 2008a).

Ekologiskt Jordbruk enligt EU:s förordning betonar främst de miljömässiga aspekterna av djurhållningen. Skillnaderna mellan KRAV och EU-ekologiskt ses främst för gris och fjäderfä. Inom KRAV måste alla djur kunna gå ut, inte enbart på en hårdgjord yta då de ska ha möjlighet att beta och böka respektive picka under sommaren. Enligt EU:s regler är utevistelse på en hårdgjord yta året runt tillräcklig. EU:s förordning saknar också helt regler för djurtransporter och slakt (Rådets förordning, 1999; KRAV, 2008b).

2.3.3.1 Ekologisk grisproduktion i Sverige

Fram till år 2007 har slakten av ekologiska grisar varit en ren förlustaffär för Scan som står för 90 % av KRAV-grisslakten. Anledningen har varit att köttet ansetts som för dyrt bland konsumenterna och efterfrågan har varit låg (Ekoweb, 2007). Under 2006 ökade dock försäljningen av ekologiska styckvaror. Försäljningen av styckdelar från gris ökade med 24,3 % (Ekologiska Lantbrukarna, 2007). Alla delar av grisen kan nu säljas som ekologisk, jämfört med tidigare då många delar av grisen fick säljas som konventionellt

kött. Under 2007 var efterfrågan på ekologiskt griskött större än tillgången. Den ökade efterfrågan på ekologiskt griskött har avspeglats i ett högre KRAV-tillägg, som har ökat med över 60 % under 2007 (Ekoweb, 2007). Sverige exporterar ekologiskt griskött till England, där efterfrågan också har ökat de senaste åren.

Trots den stora utvecklingen av marknaden för ekologiskt kött utgjorde KRAV-grisar endast 1 % av den totala grisslakten under år 2006 (Ekologiska Lantbrukarna, 2007). Antalet KRAV-grisar var under år 2007 24 229 stycken, vilket är en minskning med 7,9 % jämfört med de två tidigare åren. Minskningen beror på att antalet grisproducenter minskat med 10 % och år 2007 var antalet 57 stycken. Samtidigt ökade antalet ekologiska producenter av fjäderfä, nötkreatur och får (KRAV, 2008a). Under de kommande åren planerar Scan att öka slakten av ekologiska grisar med 5 % (Ekologiska Lantbrukarna, 2007). Scan uppmanar nu bönder att föda upp EU-ekologiska grisar. Anledningen till att man föreslår EU-ekologisk uppfödning är att övergången bara tar ett år, hälften så lång tid som inom KRAV. Dessutom krävs ingen mark för beteshagar (Ekologiska Lantbrukarna, 2007). Från november 2008 kommer Scan att införa en egen ekologisk märkning. Därmed kommer ingen skillnad att kunna ses på KRAV-kött och EU-ekologiskt kött. Scan vill förenkla produktionen och för konsumenterna, men handeln ser mycket negativt på beslutet (Ekoweb, 2008). Under 2008 utgjorde KRAV-grisar 0,9 % och EU-ekologiska grisar utgjorde 0,4 % av Scans grisslakt (Strid, 2008).

2.4 Grisars beteenden

2.4.1 Gödslingsbeteende

Grisar är renliga djur och de gödslar normalt inte i sina bon eller i fodret (Jensen, 2002; Olsen m.fl., 2001; Lindahl, 2003), ett beteende som finns redan hos nyfödda kulingar (Jensen, 2002). Då frilevande grisar lämnar sina bon på morgonen går de minst fem meter från boet för att urinera och gödsla. Framför allt gödslingen sker helst undanskymt bland buskar (Wood-Gush & Stolba, 1982).

Grisar i stationära system utnyttjar en gemensam gödslingsplats och de föredrar att gödsla med bakdelen mot en vägg eller ett hörn, då de inte vill gödsla där det är för mycket aktivitet (Baxter, 1982). Även Salomon m.fl. (2007) konstaterade att grisar i mobila och stationära inhysningssystem väljer att gödsla i närheten (1-15 meter) av sin sovplats, men aldrig i boet. Olsson m.fl. (2007) studerade ekologiska grisar i stationära system och de konstaterade också att grisarna inte gödslade på ätytan inomhus eller på liggytan. Gödsling skedde i högst utsträckning på betongplattan utomhus (~56%) och därefter på spaltytan inomhus (~44 %). Grisarna gick däremot inte lika långt bort från sovplatsen för att urinera. Främst urinerade grisarna på spalten inomhus (64 %) och i lägre utsträckning på betongplattan utomhus (35 %). Renheten i boxarna visade dock på gödsel även på ligg- och ätytan. Detta kunde bero på att grisarna gödslat där, men även på att de dragit med sig smuts på klövarna och att fukt kommit in genom taknocken. En studie av Olsen m.fl. (2001) visade att grisar i boxar med rastgård gödslade i mer än 75

% av fallen i rastgården och av dessa fall i hälften av fallen i dypölen som fanns placerad på uteytan. Frekvensen av gödsling utomhus ökade ju äldre kulingarna blev. I försöket studerades också hur uteytornas placering inverkade på grisarnas beteende. Fler grisar gödslade i djupströbädden inomhus när rastytorna var placerade på södersidan av stallet jämfört med när rastytorna var vända åt norr. Genom att ge grisarna på södersidan tillgång till skugga, kunde frekvensen urineringsringar och gödslingar minskas i djupströbädden och inomhus totalt. För att styra grisarnas gödsling är det en fördel om liggytan hålls varm och dragfri, medan gödselytan hålls svalare (Randall m.fl., 1983). Huynh m.fl. (2003) såg att vid höga temperaturer urinerade grisarna oftare på det hela golvet istället för på spalten.

Hacker m.fl. (1994) studerade grisar i olika typer av boxar och konstaterade att grisar som hade stängda skiljeväggar till boxarna bredvid hade signifikant renare boxar jämfört med de grisar som hade öppna skiljeväggar med galler. Resultatet kan dels bero på att luftrörelserna i slutna boxar var mindre vid liggytan vilket skapade en temperaturgradient mellan liggytan och gödslingsytan. Resultatet kan också bero på att grisar som ser individerna i boxarna bredvid kan vilja utföra sina behov över ett större område för att märka revir. Grisar gillar att gödsla och urinera på utforskade ställen och för grisar på bete kan gödseln spridas jämnare över marken genom att successivt utöka grisarnas yta på bete (Stern & Andresen, 2003). Det har däremot visats att ”stripbetnings-modellen” är för komplex för grisarna, då de hade svårt att upptäcka el-tråden när den flyttats (Olsson m.fl. 2007).

2.4.2 Ligg- och vältringsbeteende

Grisar är normalt dagaktiva, men under perioder med låg födotillgång kan de även ägna nätterna åt att leta föda. Nätterna tillbringar grisarna normalt i bon som de bygger av växtmaterial. Ett bo utnyttjas i upp till några veckor tills flocken vandrar vidare och överger boet (Jensen, 2002). Frilevande grisar placerar sina bon långt ifrån ätplatser, i skydd mot blåst och med utsikt så att de kan hålla koll åt olika håll. På kvällarna samlar de vanligen ihop bomaterial för att ändra om i boet (Jensen m.fl., 1993). Att ligga nära varandra är ett sätt för grisar att hålla värmen (Baxter, 1982), och när temperaturen ökar ligger de i högre utsträckning för sig själva, utan kroppskontakt med andra grisar. För grisar i stall ses en positiv korrelation mellan antalet grisar som väljer att ligga utanför liggytan och ökande omgivningstemperatur (Andresen & Redbo, 1999). Upp till 18 °C väljer grisar att ligga på den del i boxen som har helt golv. I takt med att temperaturen stiger väljer allt fler grisar att ligga på spalten där temperaturen är några grader lägre (Botermans & Svendsen, 2000). Grisar i fångenskap tillbringar väldigt mycket tid liggandes (80-90 %) (Huynh m.fl., 2005; Botermans & Svendsen, 2000). Om temperaturen överstiger 35°C eller lufthastigheten ökar spenderar grisarna ännu mer tid åt att ligga ned. Liggställningen påverkas också av temperaturen. Ju högre temperatur desto fler grisar väljer att ligga på sidan (lateralt) (Huynh m.fl., 2005).

Grisar har nästan inga svettkörtlar och har endast en begränsad möjlighet att flämta. Därför måste de reglera sin kroppstemperatur med hjälp av omgivningen. När det är varmt vältrar sig grisar i lera eller vatten om de har möjlighet, vilket sänker kroppstemperaturen (Jensen, 2002). När utomhustemperaturen stiger till omkring 20 °C

spenderar grisar med tillgång till dypöl utomhus mer tid liggandes i den, jämfört med vid lägre temperaturer (Andresen & Redbo, 1999). Grisar undviker normalt att vältra sig i sin egen gödsel, men vältrar sig om de behöver kyla sig och saknar tillgång till gytta. Hög luftfuktighet tillsammans med ökande temperatur leder till att grisarna vältrar sig mer i sin egen gödsel och urin (Huynh m.fl., 2005).

2.4.3 Bök- och födosöksbeteende samt bök- och strömaterial

Grisar har ett väl utvecklat luktsinne, som bland annat används för att identifiera andra individer. Trynet är utformat för att kunna böka; starkt och oömt på ovansidan, mjukt och försett med känselhår på undersidan (Jensen, 2002). Bökbeteendet är ett högt prioriterat behov hos grisar. Ekologiska grisar ska alltid ha tillgång till grovfoder och till naturlig sysselsättning så som att böka och ha ett aktivt födosöksbeteende (KRAV, 2008b). Petersen (1994) studerade åt- och undersökningsbeteende hos frilevande grisar och såg att domesticerade grisar och vildsvin som lever fritt bökar, nosar och biter på saker i omgivningen redan från några dagars ålder, oberoende av mängden föda de får i sig. Från 11 till 17 veckors ålder ändras grisarnas beteende till att ägna ännu mer tid åt att böka (Petersen (1994). Detta konstaterades även av Lindahl (2003).

Bökbeteendet är kopplat till foderintag och grisar som får lägre fodergivor jämfört med vad de behöver har visats böka mer än de som får rekommenderad fodermängd (Stern & Andresen., 2003; Day m.fl. 1995). Grisar som inte fått böka och sedan får tillgång till bökmaterial har i en studie av Studnitz & Jensen (2002) visat sig böka mer än de som kontinuerligt fått tillgång till bökmaterial. Det kan bero på att grisar har behov att utföra beteendet att böka men även på nyfikenhet att utforska nya miljöer. Studnitz m.fl. (2003b) konstaterade att grisar som haft nosring tuggade mer än grisar utan nosring. När nosringen plockades bort bökade de båda grupperna i samma utsträckning. Liknande resultat presenteras av Beattie m.fl. (2000) och Petersen m.fl. (1995). Grisar utan tillgång till bökmaterial utforskade inredningen desto mer och hade mer avvikande socialt beteende som att nosa och bita de andra grisarna, vilket tros bero på missriktat bökbeteende. Studnitz m.fl. (2003a) antyder att grisar som inte får utlopp för sitt bökbeteende verkar kunna tillfredsställa behovet genom att utföra andra utforskande beteenden som att nosa på inredningen och utforska omgivningen. En studie av Hirt & Wechsler (1994) visade däremot att grisar utan tillgång till strö inte kompenserade utforskar- och manipuleringsbehovet med till exempel sociala interaktioner. Grisarnas aktiviteter var mest varierade i boxar med berikade uteytor och minst varierade i de boxar som saknade strö. Grisar i en berikad miljö använder mer tid åt att böka i berikningsmaterial som halm och torv jämfört med grisar som inte fått tillgång till bökmaterial. Grisarna utan berikning var passiva under större del av sin vakna tid jämfört med de grisar som hade berikade boxar (Beattie m.fl., 2000; Petersen m.fl., 1995).

Många studier har visat på problem med till exempel stereotypier och aggressioner mot andra grisar när djuren hålls i en alltför steril miljö med för liten yta och små möjligheter att utföra sina naturliga beteenden såsom att böka (Tuytens., 2005). En kal miljö kan leda till stresskänslighet, som dels är ett välfärdsproblem men som även kan leda till kvalitetsfel på köttet. Med hjälp av miljöberikning kan djurvälståndet ökas

(Wood-Gush & Beilarz, 1983; Petersen m.fl., 1995; Day m.fl., 2008). En slutsats som drogs i studien av Beattie m.fl. (2000) var att berikning av boxar kan reducera anti-socialt beteende och därmed förbättra välfärden och även köttkvaliten. Petersen m.fl. (1995) drog slutsatsen att berikning av konventionella grisboxar minskar förekomsten av beteendestörningar, men eliminerar dem inte helt.

Enligt ovan är det positivt för grisarnas välfärd med tillgång till strö- och bökmaterial. Olika strö- och bökmaterial har olika egenskaper. En litteraturgenomgång av halms inverkan på grisars välfärd av Tuytens (2005) visade att halm ökar golvkomforten då golvet blir mindre halt och hårt. Det ökar också liggkomforten genom att skapa ett bättre mikroklimat, förutom när temperaturen är hög. Halm är också ett substrat för att kunna uttrycka viktiga beteenden som utforskning, bökning, födosök och att tugga/äta. För djurskötaren kan dock användning av halm innebära vissa nackdelar då det kan leda till problem i flytgödselsystem och det är arbetskrävande. Riven eller hackad halm har en bättre uppsugningsförmåga än hel halm men kan ge mer damm i luften (Gustafsson, 2003). Day m.fl. (2008) såg att grisar föredrar lång halm framför finhackad. Anledningen tros vara att grisarna verkar ha svårt att angripa den hackade halmen. Hos grisar som fick den hackade halmen förekom svansbitning i högre utsträckning än hos de grisar som fått lång halm. Torv har flera bra egenskaper som att det minskar lukten i grisstallar avsevärt och det låga pH-värdet gör att torv binder NH_3 bra (Larsson m.fl., 1999). Torv som strö har i en tidigare studie visats ge färre ledinflammationer och diarréer. Färre ledinflammationer antas bero på att torven skyddar klövarna (Larsson m.fl., 1999). Torv bildas i torvmarker och är en förnyelsebar resurs. Det har en vattenhållande förmåga ca 6 gånger sin egen vikt (Gustafsson, 2003). Torv är ett uppskattat bökmaterial och två preferensförsök har visat att grisar föredrar att böka i torv framför halm och grenar (Pedersen m.fl., 2006; Pedersen & Jensen, 2007). Sämre egenskaper hos torv är att det har en hög vattenaktivitet och är därför ett potentiellt substrat för mikrobiltillväxt främst för mögelsvampar som eventuellt kan vara skadliga (Larsson m.fl., 1999). Materialet kan också innehålla mycket stoftpartiklar som kan irritera ögon och luftvägar hos djuren (Gustafsson, 2003). Det har också visats ge ökad frekvens av grisionsfeber, orsaken är oklar men en teori är att suggan äter mycket torv när hon sätts in i grisionsboxen vilket kan leda till förstoppning och därmed ökad risk för grisionsfeber (Larsson m.fl., 1999).

3 MATERIAL OCH METODER

3.1 Försöksstall, boxtyper och djur

Försöket utfördes i det ekologiska försöksstallet på Odarslöv, LBT:s försöksgård för grisforskning. Gården ligger belägen strax norr om Lund i södra Skåne. Det ekologiska grisstallet uppfördes under 2003, och är en kall lösdrift med naturlig ventilation. Golvet består av betong och väggarna av täta lättklinkerblock upp till 1,3 meters höjd. Den övre delen av väggarna består av liggande väggreglar av trä och stående glespanel upp till takfoten. Gavarna samt ett stycke av långsidorna har tät panel. Taket har öppennock med ljusgenomsläpplig övertäckning. Stallet har tvåglasfönster med måtten 1200x800mm. Det finns en skjutport 4000x3200 mm för in/uttagning av halm, djupströ och gödsel samt tre gångdörrar 900x2100mm för personalen. I byggnaden finns åtta boxar med tillhörande rastgårdsyta dimensionerade för 16 slaktsvin per box. Måtten på boxarna med tillhörande rastgård följer KRAV:s regler och EU:s förordning om ekologisk slaktgrisproduktion.



Figur 7. Det ekologiska slaktgrisstallet, Odarslöv.

I stallet finns två olika boxtyper. Boxtyp 1, är en djupströbox med tre olika delytor inomhus (djupströbädd, ätyta/aktivitetsyta, gödselyta med spalt). Box 1-4 har denna inredning. Boxtyp 2 är en så kallad straw-flowbox med fyra delytor inomhus (ligghydd med halm, ätyta/aktivitetsyta, gödselyta/aktivitetsyta, gödselyta med spalt). Denna inredning finns i box 5-8. Arean inomhus är 1,5 m² per gris. Alla boxar har en rastgård utomhus som består av en betongplatta med arean 1 m² per gris. Betongplattan är delvis täckt av taket.

Odarslöv har i ett annat stall egen smågrisproduktion med alternerande återkorsning. Moderdjuren är lantras x yorkshire och som faderras används hampshire. Omgångsgrisning med 22 veckors intervall tillämpas med tre sugg-grupper. Grisarna i försöket föddes upp som konventionella och avvandes vid fem veckors ålder. Vid avvänjning flyttades grisarna till tillväxtboxar. Vid 11 veckors ålder sattes de in i ekostallet. Grisar från olika kullar blandades för att få så liten kulleffekt som möjligt. Grisarna utfodrades med ett konventionellt slaktsvinsfoder med 12,6 – 14,6 % råprotein.

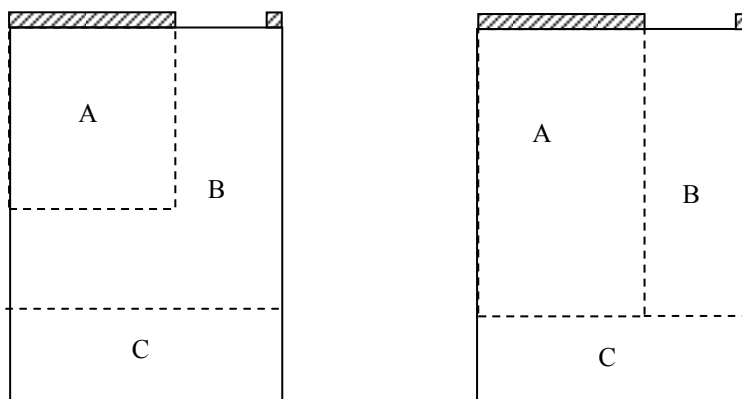
3.2 Försök med böklåda på rastgårdsytan

I försöket studerades 2 uppfödningsomgångar av slaktgrisar. Grisarna i omgång 1 sattes in i eko-stallet i början av februari 2008 och stallet tömdes i början av juni 2008. I omgång 2 sattes grisarna in i början av juli 2008 och stallet tömdes i början av november 2008. På rastgårdsytorna placerades böklådor i vissa boxar, övriga boxar fungerade som kontrollboxar. Böklådornas utformning skiljde sig ifrån varandra i area och vägghöjd, men i denna studie studerades bara effekten av behandling; ingen böklåda eller böklåda. (Tabell 5)

Tabell 5. Försöksuppställning.

Box	Omgång 1		Omgång 2	
	Behandling	Böklådans utformning	Behandling	Böklådans utformning
1	Ingen böklåda	-	Böklåda	Liten area, låg vägg
2	Böklåda	Liten area, låg vägg	Ingen böklåda	-
3	Böklåda	Stor area, låg vägg	Böklåda	Liten area, låg vägg
4	Böklåda	Liten area, hög vägg	Böklåda	Stor area, hög vägg
5	Ingen böklåda	-	Ingen böklåda	-
6	Böklåda	Liten area, låg vägg	Böklåda	Stor area, hög vägg
7	Böklåda	Stor area, låg vägg	Böklåda	Liten area, hög vägg
8	Böklåda	Stor area, hög vägg	Böklåda	Stor area, låg vägg

Böklådorna försågs med torv som fylldes på i samband med rengörning. Torvens pH var 2,95-3,0. Följande faktorer observerades; beteende, hygien, NH₃-emission och närmiljö. Dessutom utfördes en pilotstudie då koncentrationsökningen av N₂O mättes i täta kammare. I de utförda delstudierna har olika mätytor använts. För att få mer överskådliga resultat har dessa delytor summerats till tre områden (A, B och C) i efterhand. Område C representerar gödselgången och har samma area i alla boxar. Område A representerar böklådan, och område B området utanför böklådan som inte tillhör gödselgången. Därmed varierar arean på område A och B beroende av böklådans utförande (Figur 7). Summeringarna av de olika mätytorna till område A, B och C återfinns under beskrivningarna av respektive delstudie nedan.



Figur 8. Område A, B och C på rastgårdsytan i box med liten respektive stor böklåda.



Ingen böklåda (kontroll)



Med böklåda (liten, låg vägg)



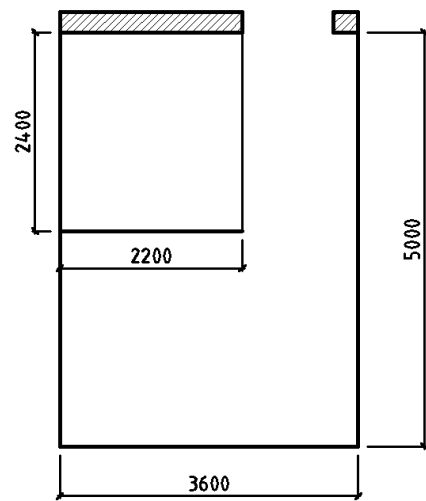
Med böklåda (liten, hög vägg)



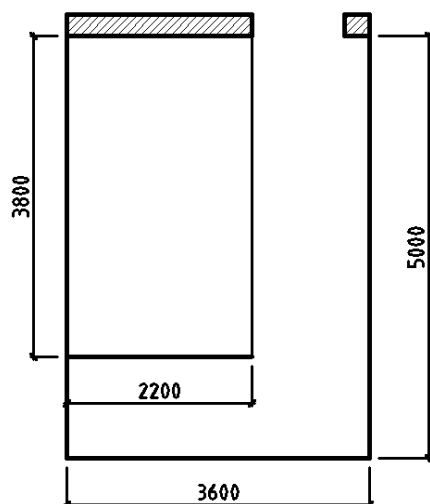
Med böklåda (Stor, låg vägg)



Med böklåda (Stor, hög vägg)



Måttangivelser liten böklåda



Måttangivelser stor böklåda

Figur 9. Foton och måttangivelser för de olika utformningarna av böklådan

3.2.1 Beteendestudier

För att se hur de berikade rastgårdsytorna påverkade grisarnas val av uppehållszon och deras bökbeteende studerades grisarna i varje omgång under 24 timmar. Beteendestudierna utfördes när grisarna var 17 veckor gamla som manuella intervallstudier var 5:e minut. För varje gris registrerades uppehållszon i boxen, huvudaktivitet (ligger och står/sitter/går) och sidoaktivitet (bökar underlag, bökar inte underlag) enligt ett protokoll, se bilaga 1. En person studerade grisarna i rastgårdarna, en annan studerade dem inomhus. Dessa studier utfördes för första uppfödningsomgången den 26-27 mars 2008 och för den andra uppfödningsomgången 27-28 augusti 2008. Från de två uppfödningsomgångarna erhöles resultat från totalt 12 boxar, 8 med böklåda och 4 utan böklåda, då två av boxarna (box 3 och 6) användes som observatorieplatser av observatören utomhus i båda omgångarna. I detta examensarbete beaktas huvudsakligen grisarnas uppehållstider och aktivitet på rastgårdsytan utomhus. I sammanställningarna benämns ytan med böklåda (eller motsvarande yta i kontrollboxarna) för område A och övrig yta i rastgården för område B+C.

3.2.2 Hygienstudier

De olika mätytorna inomhus och i rastgårdarna utomhus poängsattes efter hur nedsmutsade de var i syfte att kunna dra vissa slutsatser av hur grisarnas gödslingsbeteende påverkades av behandling. Hygienen studerades på 10 ytor inomhus och på 7 ytor i rastgården utomhus i varje box. Hygienen bedömdes enligt en tregradig skala: 0= helt utan smuts/gödsel, 1= lite smuts/gödsel, 2= mycket smuts/gödsel. Poängsättningen utfördes en gång per vecka av samma person under hela studien. Dessa studier utfördes vanligtvis på torsdagar eller fredagar, boxar och rastgårdar rengjordes efter behov på måndagar. I Tabell 6 framgår hur mätytorna slagits samman till område A, B och C. I detta examensarbete har endast hygienen på rastgårdsytan bearbetats (Bilaga 2).

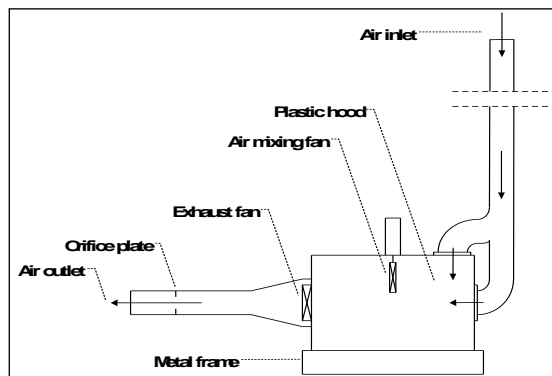
Tabell 6. Sammanslagning av mätytor (1-7) utomhus till område A-C

	Ingen böklåda	Böklåda	
		Liten böklåda	Stor böklåda
Område A	1+3	1+3	1+3+5
Område B	2+4+5	2+4+5	2+4
Område C	6+7	6+7	6+7

3.2.3 NH₃-emission

För att studera hur mycket NH₃ de olika ytorna på rastgårdsytan emitterade mättes denna vid tre tillfällen per uppfödningsomgång. Mätningarna utfördes med tre mäthuvar i plast som flyttades mellan boxarna och de sex olika mätytorna per box, för mätytor se bilaga 2. Den mät huv som användes har använts vid flera undersökningar av NH₃-emission från djupströbäddar publicerade av Jeppsson (2000). Mät huven består av en plastlåda

(volym 0,1 m³) som placeras i en metallram (bottenyta 0,25 m²) (Figur 10). Metallramen placerades på ytan från vilken NH₃-emissionen skulle bestämmas. Mäthuvens ventileras genom att luft dras in via ett rör (Ø 70 mm) från 2 meters höjd med hjälp av en utsugsfläkt. Inne i mäthuvens finns ytterliggare en fläkt som blandar om luftvolymen. Jämvikt mellan ytans avgivning och luftens borttransport av NH₃ inträffar efter 15 minuter.



Figur 10. Mätning av NH₃-emission. Bilderna visar mäthuvens under mätning respektive en schematisk skiss av mäthuvens.

Innan mätningarna av NH₃ påbörjades mättes luftflödet genom huvens över en strypfläns. Luftflödet vid mätningarna var ca 65m³/m²h. Efter 15 minuter mättes koncentrationen av NH₃ i tilluften och i mäthuvens med hjälp av en luftpump och reagensrör med mätområde 0-20 ppm. Det maximala felet vid mätningarna uppskattas till ± 15 %. Mätmetoden är lämplig vid jämförelse av olika ytor utan påverkan av ventilationsflöde och luft rörelser i stallet (Svensson m.fl., 1997). För att beräkna den verkliga emissionen användes formeln:

$$E_{\text{NH}_3} = (C_{\text{MH}} - C_{\text{OM}}) \cdot \rho \cdot q \text{ där}$$

$$E_{\text{NH}_3} = \text{NH}_3\text{-emission [mg/m}^2\text{h]}$$

$$C_{\text{MH}} = \text{NH}_3\text{-koncentration i mäthuvens [ppm]}$$

$$C_{\text{OM}} = \text{NH}_3\text{-koncentration i omgivningsluften [ppm]}$$

$$\rho = \text{Densitet NH}_3; 0,718 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$q = \text{Luftflödet genom mäthuvens; ca 65 [m}^3\text{/m}^2\text{h]}$$

Tabell 7 visar en sammanslagning av de 6 mätytor (I-VI) till område A,B och C.

Tabell 7. Sammanslagning av mätytor (I-VI) utomhus till område A-C

	Ingen böklåda	Böklåda	
		Liten böklåda	Stor böklåda
Område A	I+III	I+III	I+III+IV
Område B	II+IV+V	II+IV+V	II+V
Område C	VI	VI	VI

3.2.4 N₂O- koncentration

För att studera om de olika ytorna i rastgårdarna emitterar N₂O utfördes en pilotstudie då N₂O mättes med två olika metoder; mätning med infraröd fotoakustisk multigasmatrare (photoacoustic multi-gas analyser 1412 och multiplexer 1309, Luma Sense Technologies A/S, Köpenhamn, Danmark) och luftprov som analyserades med gaskromatografi (Chrompack CP9001 med electron capture detector – ECD) (Figur 10). Mätningarna utfördes under tre dagar 8-10 september 2008. Mätningarna utfördes på rastgårdsytan i box 2,3,4,5 (två boxar med böklåda och två utan).



Figur 11. Mätning av N₂O-koncentration. Bilderna visar fotoakustisk multigasmatrare, mätthuv under mätning i en böklåda och luftprovstagning för analys med gaskromatografi.

Den fotoakustiska multigasmatraren kan mäta koncentrationen på upp till fem olika gaser och vattenånga samtidigt. Mätinstrumenten är kopplade till en dator som varannan minut registrerar gaskoncentrationerna för varje prov (Luma Sense Technologies, 2008). Som mätthuv användes tre plastlådor med två borrarade hål i botten. Från den fotoakustiska gasmatraren drogs en slang till respektive mätthuv, denna stacks igenom det ena hålet i plasthuv och tejpades fast, för att minimera luftläckage. Över det andra hålet sattes en tejpbit. Koncentrationen mättes i mätkamerorna, som placerats på representativa ställen på områdena A,B och C (Figur 10). För att få en tät förslutning mellan underlag och mätthuv lades omgivande torv och gödsel längs huvkantens utsida. Vid de mätningar då material på mätytan saknades tejpades kanten mellan underlag och mätthuv.

Mätningen med den fotoakustiska gasmatraren påbörjades då huvarna stod på sidan (öppna) i tio minuter, för att detektera bakgrundsemissionen i luften. Därefter vändes huvarna (stängda). Efter 10 minuters stängd mätning togs ett luftprov för analys med gaskromatografi. Gasprovet togs med hjälp av en spruta (60 ml) och en nål (21 G, 08*40 mm). Sprutan stacks ned i huvan genom det övertjapade hålet, 30 ml luft drogs in, sprutan drogs ur hålet och en ny tejpbit sattes över stickhålet. Sprutan tömdes på luft till 25 ml återstod i sprutan. Kvarvarande luft tömdes sedan i ett evakuerat provrör (12 ml), vilket skapade ett övertryck i provröret som minskar risken för luftkontaminering. Därefter rengjordes sprutan genom att frisk luft vid andra sidan byggnaden drogs in och ut genom sprutan fem gånger. Prov från den andra och tredje mätthuv togs därefter på samma sätt. Efter 30 minuter togs ytterligare ett gasprov med spruta. Efter ca 60 minuters kontinuerlig mätning avbröts mätningen med den fotoakustiska gasmatraren. Över natten hängdes slangarna i stallet från taket ner i en box över liggytan, ätytan respektive spaltytan på ca 150 cm höjd över golvet. En mätning utfördes även på utsidan av stallet över natten.

Med den fotoakustiska gasmätaren mättes N₂O i mg/m³ och resultatet från gaskromatografen analyserades i enheten ppm. För att kunna jämföra de två mätmetoderna beräknades resultaten från mätningarna med fotoakustisk gasmätare om till ppm enligt formeln:

$$\text{N}_2\text{O} [\text{ppm}] = \text{mätvärde N}_2\text{O} [\text{mg/m}^3] * \text{molvolym N}_2\text{O} [\text{m}^3/\text{mol}] / \text{molvikt N}_2\text{O} [\text{g/mol}]$$

$$\text{Molvikt N}_2\text{O} = 44 \text{ g/mol}$$

3.2.5 Väderlek

Lufttemperatur registrerades kontinuerligt med 2 st miniloggrar. Den ena var placerad inomhus i stallen och den andra var placerad i en av rastgårdarna.

3.3 Statistiska bearbetningar

Resultaten bearbetades i Excel. På grund av de få mätningarna av N₂O-koncentrationen har inga statistiska bearbetningar av dessa resultat kunnat utföras. Resultaten från beteendestudierna, hygienstudierna och NH₃-mätningarna analyserades med hjälp av GLM-proceduren i det statistiska programmet SAS (SAS Institute, 1985). För att detektera eventuella samspel mellan behandling och uppfödningssomgång testades först alla parametrar med modell 1. Samspel konstaterades enbart i beteendestudien för parametern ”liggfrekvens på område A”, och denna effekt analyserades med modell 3. Övriga parametrar i studierna har analyserats med modell 2.

$$\text{Modell 1} \quad y_{ijk} = \mu + o_j + b_i + bo_{ij} + e_{ijk}$$

$$\text{Modell 2} \quad y_{ijk} = \mu + o_j + b_i + e_{ijk}$$

$$\text{Modell 3} \quad y_{ijk} = \mu + bo_{ij} + e_{ijk}$$

y_{ijk} = värde

μ = medelvärde

b_i = behandling (ingen böklåda/böklåda)

o_j = uppfödningssomgång (1 eller 2)

bo_{ij} = samspelseffekt mellan behandling och uppfödningssomgång

e_{ijk} = slumpfel

4 RESULTAT

4.1 Beteendestudier

I de statistiska bearbetningarna konstaterades en signifikant effekt av omgång. Grisarna i omgång 2 var utomhus i signifikant ($p=0,02$) högre utsträckning än grisarna i omgång 1 (34,2 % respektive 5,8 %). Den tydliga skillnaden i utevistelse medförde stora skillnader i vart grisarnas valde att ligga. I omgång 1 låg grisarna i signifikant ($p=0,0014$) högre utsträckning på liggytan inomhus (71,9%) jämfört med grisarna i omgång 2 (38,5 %). I omgång 2 observerades i stället en signifikant ($p=0,0311$) högre liggfrekvens (5,6 %) på område B+C utomhus än i omgång 1, då inga registreringar för beteendet ”Ligger på område B+C” gjordes.

Skillnader i grisarnas beteende observerades även mellan behandlingar (ingen böklåda/böklåda). Grisar med böklåda på rastgårdsytan tenderade ($p=0,097$) att vistas utomhus i högre utsträckning än grisar utan böklåda (Tabell 8). Behandling påverkade dock inte grisarnas liggfrekvens. I båda behandlingarna låg grisarna i genomsnitt ca 73 % av registreringarna (Tabell 9). För beteendet ”ligger utomhus på område A” registrerades en samspelseffekt mellan behandling och omgång (Tabell 9). Enligt Tabell 10 låg grisarna signifikant mer på område A (30,7 %) i boxar med böklåda under omgång 2. För beteendet ”ligger utomhus på område B+C” noterades ingen sådan samspelseffekt och det fanns heller ingen signifikant skillnad i detta beteende mellan behandlingarna (Tabell 9).

Tabell 8. Medelvärden för inne- respektive utevistelse (% av totala observationer).

	Behandling		P-värde
	Ingen böklåda	Böklåda	Behandling
Antal boxar	4	8	
Uppehållszon			
Inomhus totalt	91,5	74,3	0,097 ⁺
Utomhus totalt	8,5	25,7	0,097 ⁺

⁺ $p<0,10$

Tabell 9. Medelvärden för ligger (% av totala observationer)

	Behandling		P-värde	
	Ingen böklåda	Böklåda	Behandling	Behandling* omgång
Antal boxar	4	8		
Ligger				
Inomhus Liggryta	58,7	53,4	0,5 ^{es}	0,4 ^{es}
Övrig yta	11,8	2,0	0,1 ^{es}	0,08 ⁺
Utomhus Område A	0 ¹	15,4 ¹	-	0,009 ^{**}
Område B+C	3,3	2,5	0,7 ^{es}	0,8 ^{es}
Totalt	73,8	73,3	0,8^{es}	0,08⁺

es= ej signifikant + p<0,10 * p<0,05 ** p<0,01 ¹= Observera samspelseffekt

Tabell 10. Medelvärden för ligger (% av totala observationer) på område A fördelade på omgång och behandling

	Omgång 1		Omgång 2		P-värde
	Ingen böklåda	Bök låda	Ingen böklåda	Böklåda	Behandling*omgång
Område A	0 ^a	0 ^a	0 ^a	30,7 ^b	0,009 ^{**}

** p<0,01

För bökbeteendet sågs ingen signifikant omgångseffekt. Dock fanns en tendens till samspel (p=0,06) mellan behandling och omgång för beteendet ”böka totalt”. Detta förklaras av att samtliga grisar (både med och utan böklåda) i omgång 1 bökade i relativt liten omfattning medan grisarna med böklåda bökade mer än grisarna utan böklåda i omgång 2.

Totalt sett observerades en tendens (p=0,07) till att grisar med böklåda på rastgårdsytan bökade mer än grisar utan böklåda. I medeltal bökade grisarna med böklåda 12,8 %, jämfört med grisar utan böklåda som bökade 10,3 % av registreringarna. På område A observerades en mycket signifikant skillnad (p<0,0001) i bökfrequens mellan behandlingarna, vilket förklaras av att grisar utan böklåda på rastgårdsytan inte bökade alls på denna yta (Tabell 11).

Tabell 11. Medelvärden för bökar (% av totala observationer).

	Behandling		P-värde
	Ingen böklåda	Böklåda	Behandling
Antal boxar	4	8	
Bökar			
Inomhus Liggyta	6,7	5,1	0,3 ^{es}
Övrig yta	2,6	2,6	1,0 ^{es}
Utomhus Område A	0	3,8	<0,0001 ^{***}
Område B+C	0,9	1,3	0,5 ^{es}
Totalt	10,2	12,8	0,07⁺

es= ej signifikant ⁺ p<0,10 ^{***}p<0,001

4.2 Hygienstudier

Av de tre områdena på rastgårdsytan var område C mest nedsmutsat oberoende av behandling eller omgång. Mellan omgång 1 och 2 sågs skillnader i hygien på rastgårdsytan. I omgång 1 var Område A (p=0,0013) och B (p=0,0026) signifikant mer nedsmutsade (A: 1,06 och B: 1,03 poäng) än i omgång 2 (A: 0,26 och B: 0,62 poäng).

Endast hygien på område A påverkades signifikant (p=0,0013) av behandling. Detta område var mer smutsigt (1,30 poäng) i rastgårdar utan böklåda jämfört med rastgårdar med böklåda på denna yta (0,44 poäng) (Tabell 12).

Tabell 12. Medelvärden för smutsighetsgrad (0-2 poäng).

	Behandling		P- värde
	Ingen Böklåda	Böklåda	Behandling
Antal boxar	4	12	
Smutsighetsgrad			
Område A	1,3	0,4	0,0013 ^{**}
Område B	0,9	0,8	0,6 ^{es}
Område C	1,9	1,9	0,9 ^{es}

es= ej signifikant ⁺ <0,10 ^{**} p<0,01

4.3 NH₃-emission

En signifikant effekt av omgång observerades på område B och C (p=0,0011 respektive p=0,0056). Emissionen från dessa ytor var lägre i omgång 1 (B: 58,4 mg/m²h och C: 79,0 mg/m²h) än i omgång 2 (B: 143 mg/m²h och C: 143,9 mg/m²h).

Från de tre områdena på rastgårdsytan uppmättes högst respektive lägst emission från område A beroende på om en böklåda var placerad på denna yta eller inte. Emissionen på område A var signifikant (p=0,04) lägre från rastgårdar med böklåda. I rastgårdar utan böklåda var emissionen relativt jämn från de tre områdena, medan emissionen från rastgårdar med böklåda varierade mer mellan områdena. På område C sågs en

signifikant ($p=0,02$) högre emission från boxar med böklåda jämfört med boxar utan böklåda. (Tabell 13)

Tabell 13. Medelvärden för NH_3 -emission (mg/m^2h).

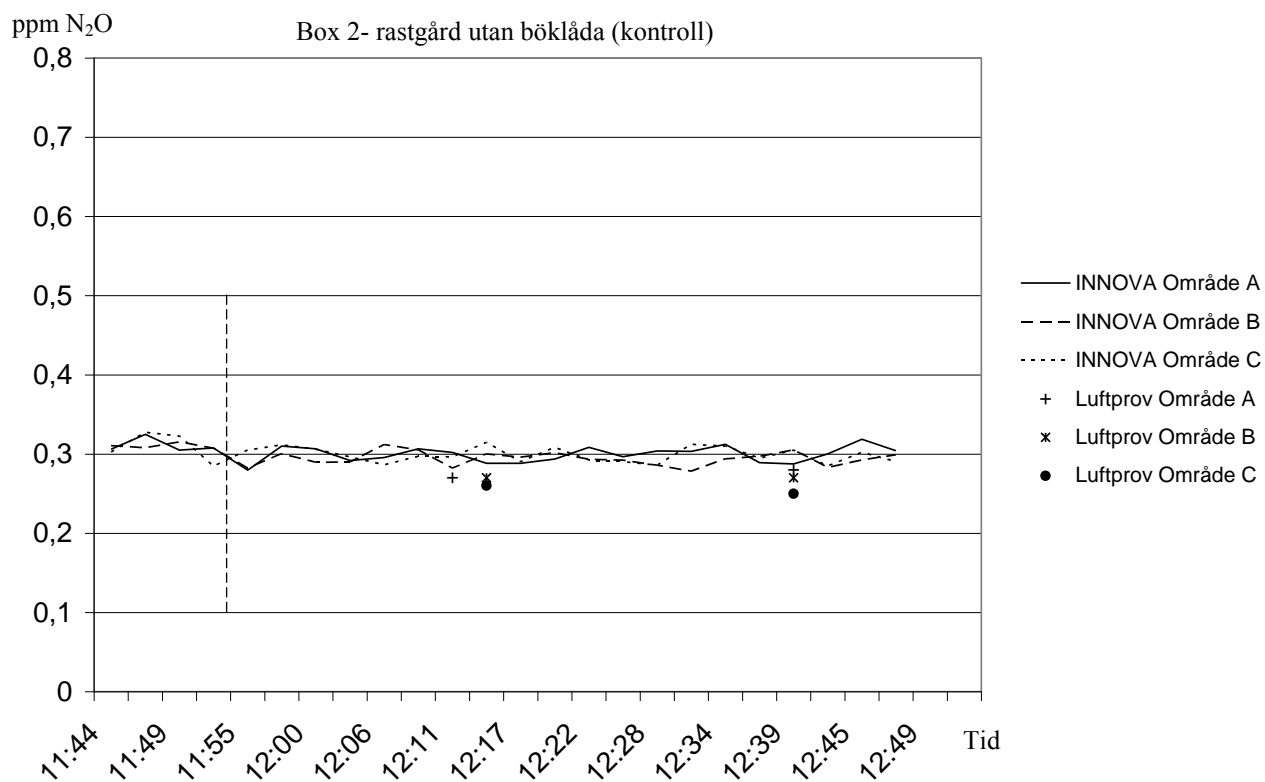
	Behandling		P- värde
	Ingen Böklåda	Böklåda	Behandling
Antal boxar	4	12	
Emission			
Område A	108,6	49,9	0,04*
Område B	81,0	107,3	0,28 ^{es}
Område C	80,1	134,8	0,02*

es= ej signifikant * $p<0,05$

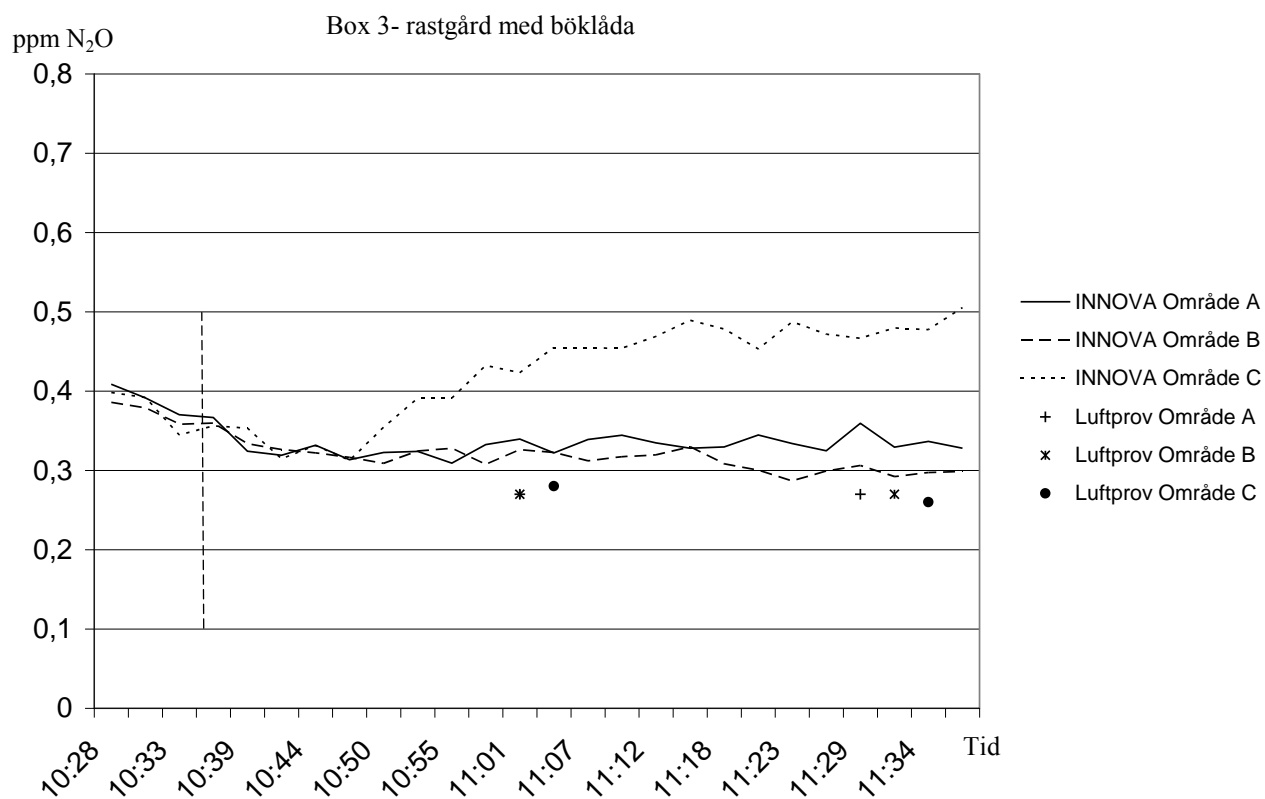
4.4 Koncentration av N_2O

Med den fotoakustiska gasmätaren uppmättes koncentrationen utomhus till mellan 0,26 och 0,37 ppm. I stallet var koncentrationen ungefär densamma (0,27 till 0,42 ppm). Från rastgårdar utan böklåda (box 2 och 5) uppmättes konstanta koncentrationer i mätkamrarna på mellan 0,27 och 0,33 ppm. Ingen tydlig skillnad mellan de tre områdena på rastgårdsytan kunde observeras (Figur 12 och 15). Från rastgårdar med böklåda uppmättes däremot vissa koncentrationsökningar med variation mellan de tre mätområdena. I box 4 registrerades störst koncentrationsökning (= störst emission), från område B (max koncentration 0,73 ppm) (Figur 14). I box 3 observerades högst koncentration från område C (max koncentration 0,50 ppm) (Figur 13).

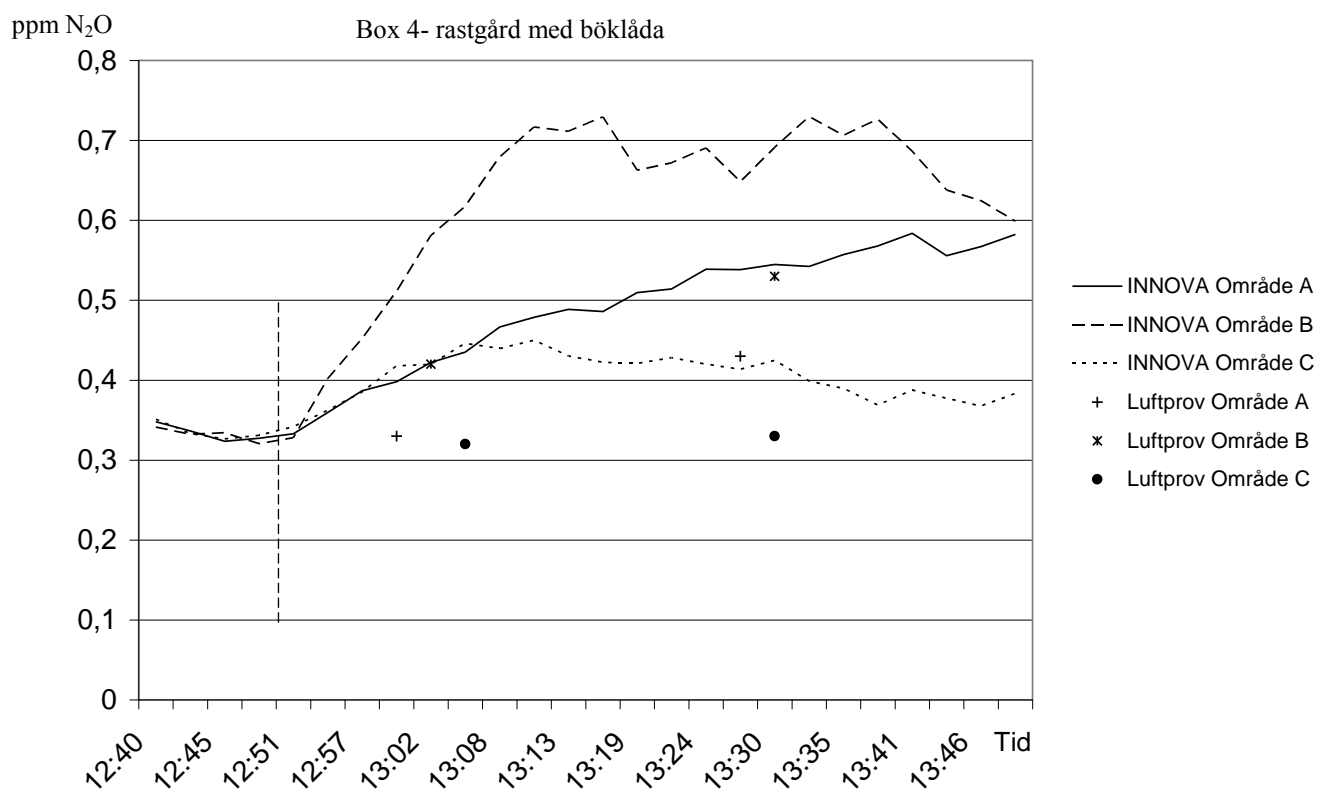
Resultaten från luftprovtagningarna och gaskromatografianalyserna visade på generellt lägre N_2O -koncentrationer jämfört med mätningarna med den fotoakustiska gasmätaren. I box 4 observerades dock koncentrationsökningar mellan den första och den andra provtagningen från samma mätytor som i mätningen med den fotoakustiska gasmätaren. Detta visar på överensstämmelse i resultaten trots en skillnad i nivåerna (Figur 14). Däremot kunde inte den koncentrationsökning från område C som registrerades av den fotoakustiska gasmätaren bekräftas av luftprovtagningarna och gaskromatografianalyserna i box 3 (Figur 13).



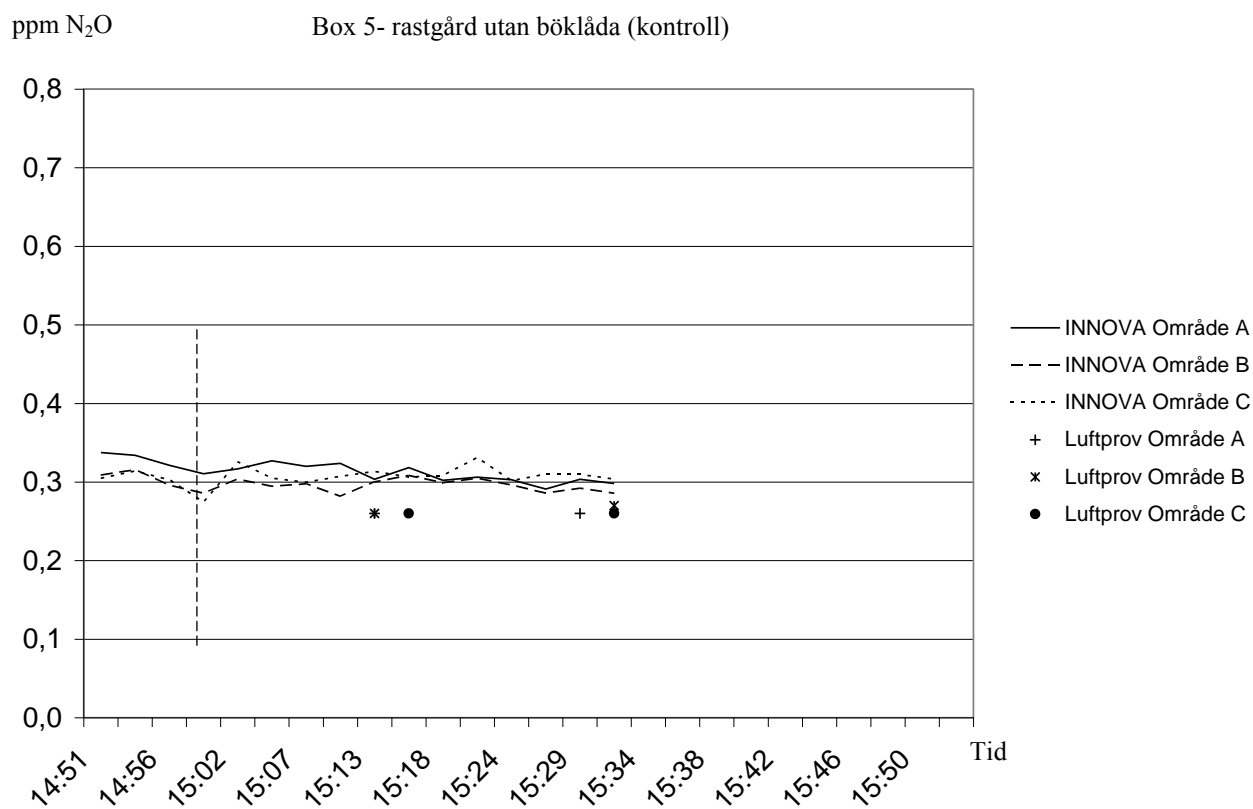
Figur 12. Box 2, koncentration av N₂O (ppm) i mäthuv.



Figur 13. Box 3, koncentration av N₂O (ppm) i mäthuv.



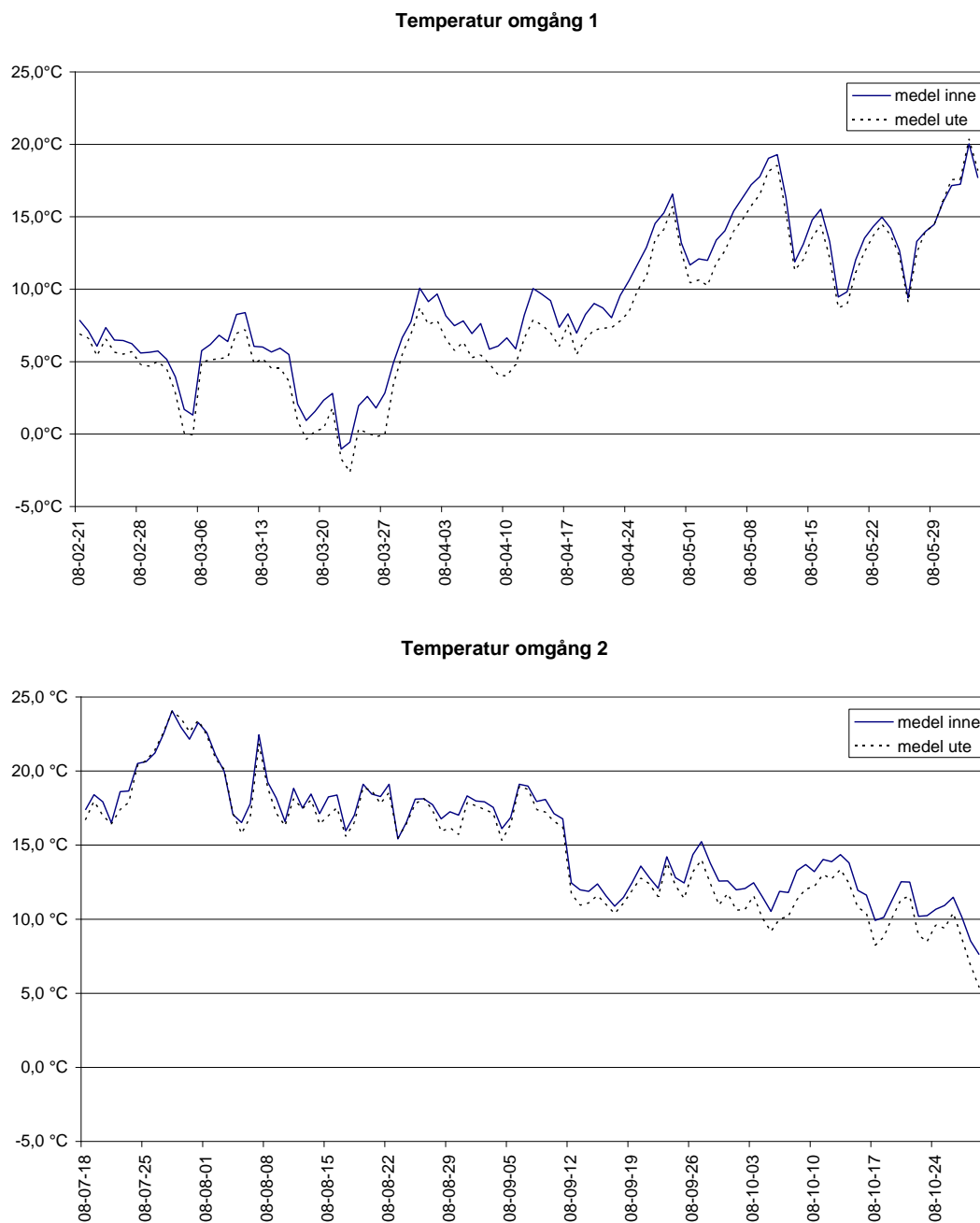
Figur 14. Box 4, koncentration av N₂O (ppm) i mäthuv.



Figur 15. Box 5, koncentration av N₂O (ppm) i mäthuv.

4.5 Väderlek

I omgång 1 var medeltemperaturen 9,4°C inne och 8,3°C ute. I denna omgång varierade temperaturen mellan -2,7°C och 20,4°C. I omgång 2 var medeltemperaturen 15,6°C inne och 14,8°C ute och den lägsta respektive högsta temperatur som observerades var 5,4°C och 24,1°C (Figur 15).



Figur 16. Medeltemperaturer i respektive utanför eko-stallet.

5 DISKUSSION

Syftet med det utförda försöket var att studera om det genom att berika betongytorna utomhus i ekologisk grisproduktion med s.k. ”böklådor” går att påverka grisarnas beteende och val av gödselplats och därmed emissionen av NH_3 från utomhusytorna. Hypotesen var att böklådor med bökmateriel ökar grisarnas aktivitet på en stor del av utomhusytan och att detta, då grisar inte gärna gödslar där de är aktiva, resulterar i att grisarna koncentrerar sin gödsling och urinering till ett mindre område. Enligt teorierna om gödselytans betydelse för NH_3 -emissionen borde detta leda till en minskad emission. Försöket har utförts i ett grisstall för ekologiska grisar. Totalt har fyra olika utformningar av böklådor jämförts med ett kontroll-led (utan böklåda på uteytan). Utvärderingen har utförts med hjälp av beteendestudier, hygienstudier och mätningar av NH_3 och N_2O .

Vid beteendestudierna observerades skillnader i grisarnas beteende som dels berodde på om en böklåda var placerad på rastgårdsytan eller inte, men även på skillnader i klimat mellan de två uppfödningsomgångarna. Då beteendestudien utfördes för omgång 2 (27-28 augusti) var temperaturen i genomsnitt ca 15°C högre jämfört med när omgång 1 (26-27 mars) studerades. Denna skillnad medförde att grisarna i omgång 2 vistades utomhus och låg utomhus i högre utsträckning än grisarna i omgång 1. Samspelseffekten mellan behandling (böklåda eller inte) och omgång, som observerades för beteendet ”ligger på område A”, förklaras av att många grisar låg utomhus i böklådan och sov i stället för på liggytan inomhus under beteendestudien i omgång 2. I box 7 låg till exempel mellan 12 och 14 grisar i böklådan under hela natten, vilket påverkade liggfrekvensen på område A i hög utsträckning. Böklådans utformning i box 7 under omgång 2 kan ha påverkat grisarnas preferens att ligga i den. Denna böklåda var liten och hade hög vägg. Den höga väggen kan ha bidragit till att grisarna kände sig skyddade där. Den mindre ytan medförde också att böklådan var placerad helt under tak, jämfört med böklådorna med större area som bara delvis var täckta av taket. Även denna faktor kan ha påverkat hur skyddade grisarna kände sig. Grisar som inte fick plats i den mindre böklådan i box 7 låg utanför, vilket är en förklaring till den signifikant högre frekvensen av beteendet ”ligger på område B+C” som också observerades hos grisar med böklåda på rastgårdsytan i omgång 2. Om det var en vana eller en tillfällighet för gruppen att sova utomhus är svårt att avgöra, då grisarna bara studerades under en natt.

Grisarnas totala aktivitet påverkades inte av behandling (böklåda eller inte). I tidigare studier har slaktgrisar i konventionell produktion observerats ligga 80-87% av tiden (Botermans & Svendsen, 2000) respektive 90 % av tiden (Huynh m.fl., 2005). Den lägre liggfrekvensen i denna studie (ca 73 %) kan bero på att grisarna i det ekologiska stallet har större ytor och en mer varierad miljö än konventionella grisar, vilket kan stimulera grisarna till att vara mer aktiva. Att behandling inte behöver påverka grisarnas totala aktivitet har också konstaterats av Olsson m.fl. (2007), som studerade ekologiska grisar med tillgång till beteshage alternativt rastgård av betong. Däremot konstaterade Høøk Presto m.fl. (2008), i en studie av grisar med tillgång till rastgårdsytor av betong med eller utan grovfoder i foderhäck, att grisar med grovfoder utomhus var mer aktiva totalt.

I denna studie observerades däremot en tydlig skillnad mellan behandlingar för beteendet ”bökar på område A”. Grisar med böklåda bökade ca 30 % av sin totala bökfrequens på område A, medan grisar utan tillgång till böklåda knappt bökade

utomhus alls. De bökade i något högre utsträckning på liggytan inomhus, men denna skillnad mellan behandlingarna var inte signifikant. Resultatet tyder på att grisarna uppskattade böklådan för bökning. Att grisar företrädesvis är aktiva där miljön är mer berikad har tidigare bl. a. konstaterats av Olsson m.fl. (2007), som observerade att grisar med tillgång till bete främst valde att vara aktiva där. Även Høøk Presto m.fl. (2008) konstaterade att grisar med tillgång till grovfoder utomhus vistades utomhus i högre utsträckning.

Att använda manuella beteendestudier för att registrera när grisarna bökade är svårt då bökandet kan upphöra på ett ögonblick om grisarna blir rädda eller nyfikna. Detta skedde ofta då observatören gick förbi. Därmed kan den egentliga bökfrekvensen ha varit högre. Grisarna stördes i högre utsträckning av observatören utomhus, vilket kan ha påverkat bökfrekvensen mer utomhus än inomhus. Behandling (böklåda eller inte) kan också ha påverkat resultaten, då det upplevdes att grisar som hade böklåda på rastgårdsytan blev mindre skrämde av observatören utomhus. Denna effekt hade kunnat undvikas om videoövervakning använts i stället för manuella registreringar.

I omgång 1 var hygien sämre på område A och B än i omgång 2, vilket kan bero på klimatet. Det kallare klimatet i omgång 1 kan ha bidragit till att grisarna inte ville gå så långt ut på rastgårdsytan för att gödsla. Snö och regn ledde troligen också till att rastgårdsytan var mer fuktig i omgång 1. Större fuktiga ytor kan ytterligare förklara att grisarna gödslade på ett större område av rastgårdsytan i omgång 1 jämfört med i omgång 2. Trots att område A och B var renare i omgång 2, uppmättes högre NH_3 -emission från dessa områden i denna omgång. Det är väl känt att emissionen ökar linjärt då temperaturen stiger (Jeppsson, 2002; Balsari m.fl., 2007; Svensson, 1993; Brady 1990; Sprent, 1987), men även att emissionen är linjärt korrelerad med gödselytans storlek (Andersson, 1996 b). I denna studie tycktes temperaturen påverka emissionen av NH_3 i högre utsträckning än gödselytans area.

Mellan behandlingar (böklåda eller inte) observerades en tydlig skillnad i hygien på område A. Område A var mycket renare i rastgårdar med en böklåda placerad på detta område (Figur 16). Resultaten konfirmeras av NH_3 -mätningarna som visade en signifikant lägre emission på område A i boxar med böklåda. Grisarna undvek att gödsla i böklådan, vilket även observerades under beteendestudierna. Resultaten överensstämmer med tidigare studier där det konstaterats att grisar inte gärna gödslar där det är mycket aktivitet (Baxter, 1982) eller i boet (Salomon m.fl., 2007; Olsson m.fl., 2007; Jensen, 2002; Olsen m.fl., 2001; Lindahl, 2003). Grisarna i omgång 2 använde böklådan även som bo/liggyta, något som grisarna i omgång 1 också kunde ha gjort om klimatet varit mer tilltalande. Vid några tillfällen registrerades att grisar urinerade i böklådan. I hur hög utsträckning detta skedde är oklart, men den höga N-bindande förmågan hos torv bidrog troligen till att emissionen blev låg trots urinering där.

Från område C uppmättes högre NH_3 -emission från rastgårdar med böklåda. Detta resultat överensstämmer inte helt med den uppställda hypotesen. Förklaringen till den högre emissionen måste vara att det fanns mer gödsel på område C i rastgårdar med böklåda. Detta kan dock inte enkelt bevisas. Enligt hygienstudierna var smutsighetsgraden på område C nästan maximal (ca 1,9) oberoende av behandling (böklåda eller inte) och omgång. Då hygienstudierna nått sitt max-värde kan dessa dock inte användas för att avgöra om det fanns skillnader i den totala mängden gödsel eftersom maxpoäng (en 2a) sattes när en yta var helt täckt av gödsel. I det aktuella

försöket gjordes heller inga uppvägningar av mängden gödsel. Det kan dock konstateras att område A var renare i boxar med böklåda. Detta borde innebära att mängden gödsel på område C också var större i boxar med böklåda. Grisar med böklåda var dessutom utomhus i något högre utsträckning, vilket kan ha resulterat i att dessa grisar även kan ha gödlat och urinerat i högre utsträckning utomhus.



Figur 17. Fotodokumentation av hygien i (område A) respektive utanför (område B) böklådan.

Enligt de utförda NH_3 -emissionsmätningarna verkar det alltså inte räcka med att gödseln koncentreras till ett mindre område på rastgårdsytan för att emissionen av NH_3 totalt ska minskas från rastgårdarna. Ytterligare någon åtgärd tycks krävas för att åstadkomma detta. En sådan åtgärd kan vara att gödselytan skrapas oftare. I försöket skrapades gödsel på rastgården en gång per vecka (måndagar) medan emissionsmätningarna utfördes en torsdag eller fredag. Enligt beteende- och hygienstudierna bidrog böklådan till att grisarnas gödsling och urinerat koncentrerades främst till område C, som är längst ut på rastgården. Att gödseln koncentreras längst ut i rastgården förenklar skrapningen, gör denna mindre tidskrävande och underlättar för ett mer automatiserat utgödslingssystem som till exempel utgödsling med hjälp av traktor eller ett skrapsystem. Gödselskrapning i rastgårdar med böklådor oftare än en gång per vecka borde därför inte behöva ta mer tid än skrapning en gång per vecka i rastgårdar utan böklådor. Till denna arbetstid kommer dock också viss tid för påfyllning av bökmateriäl, såsom torv, i böklådorna.

Den uppmätta NH_3 -emissionen i denna studie varierade mellan 49,9 och 134,8 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$. För att minska försökskostnaderna gavs grisarna i detta försök ett konventionellt slaktgrisfoder, vilket har en lägre råproteinhalt (12,6 – 14,6 %) än ett ekologiskt som innehåller ca 14,5-15,5% råprotein (Källander, 2005). Mängden N som utsöndrats på rastgårdsytorna är därmed lägre i denna studie än på en ekologisk grisgård och resultaten representerar därför inte den verkliga emissionen från rastgårdsytor i ekologisk slaktgrisproduktion. Däremot kan emissionsmätningarna visa på skillnader mellan de två behandlingarna (böklåda eller inte på rastgårdsytan). I en tidigare studie med ekologiskt foder utförd i ekostallet på Odarslöv beräknades emissionen till 3-6 $\text{g m}^{-2} \text{dygn}^{-1}$ (125-250 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$) under hela uppfödningssomgången (Olsson m.fl., 2007). I en

tidigare svensk studie har emissionen från rastgårdsytor till gris uppmätts till 501-22980 mg m⁻² h⁻¹. De höga emissionerna uppmättes vid temperaturer högre än 16°C (Wachenfelt, 2001). Från en utomhusyta av betong där varje gris hade en area av 2,3 m² uppmättes emissionen av NH₃ till 140 mg m⁻² h⁻¹ (Misselbrook m.fl., 2001). I konventionell slaktgrisproduktion har emissionen av NH₃ uppmätts till 5,8 g per dygn och gris i genomsnitt av Aarnink m.fl. (1995) respektive 1,90-2,10 kg per grisplats per år av Amon m.fl. (2007). Från flytgödsel har emissionen uppmätts till 800-2500 mg m⁻² dygn⁻¹ vid gödseltemperatur 6,0 respektive 25,5 °C. Från fastgödsel var emissionen i genomsnitt 3,4 g m⁻² dygn⁻¹ (Balsari m.fl., 2007).

Förutom mätningar av NH₃-emissionen utfördes i försöket vissa pilotmätningar av N₂O-koncentrationen. Forskning kring emission av N₂O från grishållningen är mycket begränsad och det saknas schabloner för hur mycket av foderkvävet som emitteras som N₂O från gris och uppgifter om hur mycket som produceras i olika strö- och bökmaterial. I en studie av Misselbrook m.fl. (2001) uppmättes N₂O-emissionen från en betongyta för lastning av grisar till 6,1 µg m⁻² h⁻¹. Amon m.fl. (2007) uppmätte emissionen i konventionella straw-flowboxar för slaktsvin till 24,5 g N₂O (daglig utgödsling) respektive 39,9 g N₂O per grisplats och år (utgödsling mer sällan).

Resultaten från N₂O-mätningarna i denna studie bör tolkas med försiktighet då mätningar endast utfördes vid ett tillfälle, under en kort period och då mätningarna inte var helt optimala. Bl. a. hade mätningarna ingen metallram med vattenlås mot underlaget för en helt tät mätmiljö. I studier av N₂O-emission från mark utförs mätningarna över en lång period, då emissionen kan variera kraftigt från dag till dag (Granli & Bøckman, 1994). Globalt är koncentrationen av N₂O max 0,32 ppm i frisk luft (EEA, 2008). I denna studie uppmättes koncentrationen i luften utanför och inuti stallet till 0,27-0,37 ppm, det vill säga ungefär i nivå med det angivna värdet i frisk luft. Koncentrationen var lika stor i och utanför stallet, vilket troligen beror på att stallet är oisolerat med delvis gles panel. I mätningarna på rastgårdarna uppmättes koncentrationer på 0,26-0,73 ppm. Från rastgården utan böklåda (box 2) producerades troligen ingen N₂O, eftersom ingen koncentrationsökning kunde observeras i de statistiska mätningarna under mätningen. Från de två rastgårdarna med böklåda (box 3 och 4) observerades dock tydliga koncentrationsökningar i några av mätningarna. Resultatet visar att N₂O kan produceras från rastgårdar med böklåda. I box 3 registrerades högst emission (= koncentrationsökning i mätningen) från gödselytan (område C) medan den största koncentrationsökningen uppmättes från område B i box 4. I box 4 registrerades en koncentrationsökning av N₂O i mätningen även från område A. Hygienen på område A och B kan vara en förklaring till dessa resultat. Dagen efter att N₂O-mätningarna avslutats utfördes en poängsättning av hygienen. Box 4 fick då högre smutspoäng på både område A och B jämfört med box 3. Detta stämmer överens med att N₂O-koncentrationen var högre från dessa områden i box 4. Tolkningen är att torven som användes i denna studie troligtvis gav den växelvis aeroba/anaeroba miljö som krävs för att nitrifikation och denitrifikation och därmed bildning av N₂O ska kunna ske. Då försöket bara inkluderade en sorts torv som bökmaterial, är det svårt att dra slutsatser om hur denna torv i förhållande till andra typer av torv och andra bökmaterial påverkar N₂O-produktionen. I kommande studier i eko-stallet kommer fler bökmaterial att testas i böklådorna, vilket förhoppningsvis kommer att kunna ge svar på detta.

Det är väl känt att torv binder NH₃ bra på grund av det låga pH-värdet (Larsson m.fl., 1999). Detta också observerades i denna studie. Tidigare studier har också visat att

grisar uppskattar torv som bökmaterial (Pedersen m.fl., 2006; Pedersen & Jensen, 2007). I denna studie observerades att många grisar hostade när de bökade, vilket kan bero på att torv innehåller mycket stoftpartiklar som kan irritera ögon och luftvägar hos djuren (Gustafsson, 2003). Det observerades också att grisarna åt av torven, vilket kan ha orsakat hosta. Larsson m.fl. (2000) redovisade att sugor som sattes in i en grisionsbox med torv fick grisionsfeber i högre utsträckning. Detta förklarades med att de åt av torven, vilket kan ha orsakat förstoppning och därmed grisionsfeber. Sammanställning av sjukdomsregistreringar och slaktanmärkningar på slaktgrisarna i studien pågår och kommer att avrapporteras i en senare sammanställning från försöket. F.n. finns dock inget som tyder på ett sämre hälsoläge hos grisarna p.g.a. torven.

Ekologisk grisproduktion är som tidigare nämnts en nischproduktion, och produktionens bidrag till miljöproblem och utsläpp av växthusgaser är idag försumbart. Ett framtidsscenario är att efterfrågan på ekologiska produkter som ekologiskt griskött fortsätter att öka. Detta innebär att den ekologiska grisproduktionens miljö- och klimatpåverkan kommer att spela en större roll för de totala utsläppen. För att utvecklingstrenden ska fortsätta uppåt krävs att den ekologiska grisproduktionen även i fortsättningen kommer att ses som ett bättre alternativ för djuren, men även för miljön och klimatet. Inom en inte alltför avlägsen framtid kommer livsmedel att klimatismärkas och i dagsläget skulle ekologiskt griskött troligen inte framstå som ett mer klimatsmart alternativ än konventionellt griskött. Vad händer i så fall med förtroendet för ekologiskt griskött bland konsumenterna? Ett annat framtidsscenario kan i så fall vara att efterfrågan på ekologiskt griskött kan komma att minska i stället för att öka. För att minska den ekologiska grisproduktionens klimat- och miljöpåverkan och för att ekologiskt griskött även i framtiden ska leva upp till att vara ett bättre alternativ sett till både djurens välfärd och produktionens miljö- och klimatpåverkan krävs mer forskning om hur emissionerna av N ska minskas inom den ekologiska grisproduktionen.

6 SLUTSATSER

En böklåda på rastgårdsytan bidrar till en mer berikad utemiljö som ökar grisarnas preferens att vistas utomhus. Böklådan stimulerade inte grisarna till att böka mer totalt, men styrde grisarna till att böka mer i böklådan. Böklådan användes förutom för bökning även som sovplats då temperaturen var relativt hög (14-16°C).

Studien visar att det är möjligt att styra grisarnas gödsling till en mindre yta på rastgårdsytan genom att placera en böklåda med torv där. Jämfört med en oberikad cementyta gav en böklåda på rastgårdsytan signifikant lägre NH₃-emission på området där böklådan var placerad (område A). Däremot uppmättes högre NH₃-emission från gödselgången (område C) i rastgårdar med böklåda, vilket innebär att NH₃-emissionen totalt från rastgårdsytan inte reducerades nämnvärt. En ökad skrapfrekvens av område C kunde möjligen ha resulterat i den reduktion av emissionen som eftersträvades.

Resultaten från pilotstudien där N₂O-koncentrationen mättes tyder på att ingen eller mycket lite N₂O producerades från rastgårdar utan böklåda. Från boxar med böklåda på rastgårdsytan detekterades däremot N₂O från vissa av mätområdena. Torven tycks kunna öka emissionen av N₂O. För att få en helhetsbild av N-emissionerna från gödsel bör därför båda gaserna mätas parallellt. För att kunna dra säkrare slutsatser om hur mycket N₂O som emitteras från rastgårdar och hur N₂O-emissionen påverkas av NH₃-emissionen krävs också fler mätningar som utförs under en längre period och vid olika klimat.

7 REFERENSER

Skriftliga källor

- Aarnink, A.J.A., Metz, K.J., Speelman, L., Verstegen, M., 1995. Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs housed on partially slatted floors. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **62**, 105–116.
- Aarnink, A.J.A., van den Berg, A.J., Keen, A., Hoeksma, P., Verstegen, M.W.A., 1996. Effect of Slatted Floor Area on Ammonia Emission and on the Excretory and Lying Behaviour of Growing Pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **64**, 299 – 310.
- Aarnink, A.J.A., 1997. Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. Doctorial Thesis, kapitel 1. Wageningen, The Netherlands.
- ACNielsen, 2007. Ekologi och hälsa. Stockholm
- Amon, B., Kryvoruchko, V., Fröhlich, M., Amon, T., Pöllinger, A., Mösenbacher, I., Hausleitner, A., 2007. Ammonia and greenhouse gas emissions from a straw flow system for fattening pigs: Housing and manure storage. *Livestock Science*, **112**, 199–207.
- Andersson, M. 1996a. Performance of Bedding Materials in Affecting Ammonia Emissions from Pig Manure. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **65**, 213 – 222.
- Andersson, M., 1996b. Åtgärder för att sänka ammoniakförlusterna från djurstallar och gödsellager. *Stiftelsen Sydsvensk Jordbruksforskning, Info nr 1*.
- Andersson, M., Jeppsson, K-H. & von Wachenfelt, E. 1994. Ammonia emission from different surfaces in livestock buildings. CIGR, XII World Congress, Milano, Italien.
- Andresen, N., Redbo, I. 1999. Foraging behaviour of growing pigs on grassland in relation to stocking rate and feed crude protein level. *Applied Animal Behaviour Science*, **62**, 183-197.
- Biodynamiska Föreningen, 2008. [www.biodynamisk.se] Besökt 2008-11-17
- Baird, C., 1998. Environmental chemistry. 2nd edition, kapitel 2, 4. W.H Freeman and Company.
- Balsari, P., Airoldi, G., Danuccio, E., Gioelli, F., 2007. Ammonia emissions from farm yard manure heaps and slurry stores- Effects on environmental conditions and measuring methods. *Biosystems engineering*, **97**, 456-463.
- Beattie, V.E., O'Connell, N.E., Moss, B.W., 2000. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livestock Production Science*, **65**, 71–79.
- Baxter, M.R., 1982. Environmental determinants of excretory and lying areas in domestic pigs. *Applied Animal Ethology*, **9**, 195-200.
- Blanes-Vidal, V., Hansen, M.N., Pedersen, S., Rom, H.B., 2008. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **124**, 237-244.
- Botermans J. A. M. & Olsson, A-C. Olsson, 2004. Produktionsmässiga åtgärder för att reducera miljöpåverkan från grisproduktionen. Alnarps Grisdag ”Att bygga för gris”, 13 jan, 2004, Alnarp Sweden
- Brady, N.C., 1990. The nature and properties of soils. 10th edition, kapitel 11. Macmillian publishing company.
- Broom, D.M., 1991. Assessing welfare and suffering. *Behavioural processes*, **25**, 117-123.
- Botermans, J.A.M. & Andersson, M. 1995. Growing-finishing pigs in an uninsulated house. Pen function and thermal comfort. *Swedish Journal of Agricultural Research*, **25**, 83-92.
- Botermans, J.A.M. & Svendsen, J. 2000. Effect of feeding environment on performance, injuries and behaviour in growing-finishing pigs: group-based studies. *Acta Agric. Scand Sect. A, Animal Sci.* **50**, 237-249.
- Carlsson, A. & Nilsson, O. 1999. Ammoniakemissioner vid kylning av gödsel i gödselkylvert. Examensarbete 13 och 56. SLU, Lantmästareprogrammet, Alnarp.
- Canh, T.T., Aarnink, A.J.A., Mroz, Z., Jongbloed, A.W., Schrama, J.W., Verstegen, M.W.A., 1998. Influence of electrolyte balance and acidifying calcium salts in the diet of growing-finishing pigs on urinary pH, slurry pH and ammonia volatilisation from slurry. *Livestock Production Science*, **56**, 1-13.
- Cederberg, C., Darelus, K., 2007. Livscykelanalys (LCA) av griskött. Naturresursforum, Landstinget Halland.
- Cederberg, C., Nilsson, B., 2004. Miljösystemanalys av ekologiskt griskött. *SIK-rapport nr. 717*.

- Day, J.E.L., Kyriazakis, I., Lawrence, A.B., 1995. The effect of food deprivation on the expression of foraging and exploratory behaviour in the growing pig. *Applied Animal Behaviour Science*, **42**, 193-206.
- Day, J.E.L., Van de Weerd, H.A., Edwards, S.A. 2008. The effect of varying lengths of straw bedding on the behaviour of growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, **109**, 249-260.
- Demeterförbundet, 2007. [www.demeter.nu/] Besökt 2008-04-11
- EEA, 2008. European Environment Agency. Atmospheric greenhouse gas concentrations (CSI 013)-Assessment published April.
- EEA, 1995. European Environment Agency. Europe's environment: The Dobris Assessment - An overview
- Ekologiska Lantbrukarna, 2007. Växande marknad. Försäljning, volymer & trender för ekologisk mat. Uppsala
- Ekoweb, 2008. SCAN slopar KRAV-märkningen. [www.ekoweb.nu/?p=9895] Besökt 2008-10-07
- Ekoweb, 2007. Ekologiskt kött, från överskott till brist på ett år. [www.ekoweb.nu/?p=9309] Besökt 2008-04-11
- FAO, 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Livestock's long shadow-environmental issues and options. Rome
- Granli, T., Bøckman, O. C., 1994. Nitrous oxide from agriculture. Norwegian Journal of Agricultural Sciences. Supplement No. 12. Agricultural University of Norway.
- Groenestein, C.M., Van Faassen, H.G., 1996. Volatilization of Ammonia, Nitrous Oxide and Nitric Oxide in Deep-litter Systems for Fattening Pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **65**, 269 – 274.
- Guillou, G., Scharpé A., 2001. Ekologiskt jordbruk: Handbok om gemenskapens lagstiftning. Byrån för Europeiska gemenskapernas officiella publikationer. Luxemburg
- Gustafsson, G. 1996. Åtgärdsteknik mot luftföroreningar i djurstallar. Proceedings: NJF-seminarium Teknik i Århus 30 - 31 oktober. Nordiska Jordbruksforskarens Förening.
- Gustafsson, G., 2000. Ammoniak i djurstallar och gödsellager. Jordbrukskonferensen 2000. Uppsala
- Gustafsson, G., 2003. Luftföroreningar och miljöpåverkan i djurstallar. Undervisningskompendium. JBT, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Hacker, R.R., Ogilvie, J.R., Morrison, W.D., Kains, F., 1994. Factors affecting excretory behaviour of pigs. *Journal of Animal Science*, **72**, 1455-1460.
- Hansen, C.F., Sørensen, G., Lyngbye, M., 2007. Reduced diet crude protein level, benzoic acid and inulin reduced ammonia, but failed to influence odour emission from finishing pigs. *Livestock Science* **109**, 228-231.
- Hansson, I., Hamilton, C., Forslund, K och Ekman, T., 1998. Djurhälsa i ekologisk djurhållning SLU. [www.ekolantbruk.se/faq/djurhallning/sjukadjur_djurhalsa.asp] Besökt 2008-04-18
- Hayes, E.T., Leek, A.B.G., Curran, T.P., Dodd, V.A., Carton, O.T., Beattie, V.E., O'Doherty, J.V., 2004. The influence of diet crude protein level on odour and ammonia emissions from finishing pig houses. *Bioresource Technology*, **91**, 309-315.
- Hirt, H., Wechsler, B., 1994. Behavioural diversity as a measure of welfare: a study in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, **40**, 82–83.
- Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A., Gerrits, W.J.J., Heetkamp, M.J.H., Canh, T.T., Spoolder, H.A.M., Kemp, B., Verstegen, M.W.A., 2005. Thermal behaviour of growing pigs in response to high temperature and humidity. *Applied Animal Behaviour Science*, **91**, 1-16.
- Høøk Presto, M., Algers, B., Persson, E., Andersson, H.K., 2008. Different roughages to organic growing/finishing pigs – influence on activity behaviour and social interactions. *Livestock science* (accepterad).
- Høøk Presto, M., Andersson, H.K., Wallgren, P., Lindberg, J.E., 2007. Influence of dietary amino acid level on performance, carcass quality and health of organic pigs reared indoors and outdoors. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A. Animal Science* **57**, 61-72.
- LRF, 2002. Maten och miljön- Livscykelanalys av sju livsmedel. Rolf & Co, Skövde.
- IPCC, 2007., Intergovernmental Panel on Climate Change. The fourth assessment report on Climate Change 2007: Synthesis Report.FN
- IPPC, 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2001: The Scientific Basis. FN
- Ivanova-Peneva, S.G., Aarnink, A.J.A., Verstegen, M.V., 2006. Ammonia and Mineral Losses on Dutch Organic Farms with Pregnant Sows. *Biosystems Engineering*, **93**, 221–235.
- Ivanova-Peneva, S.G., Aarnink, J.A.A., Martin W.A. Verstegen, W.A.M., 2008. Ammonia emissions from organic housing systems with fattening pigs. *Biosystem Engineering*, **99**, 412 – 422.
- IVL. 2007. Svenska miljöinstitutet. Övervakning av luftföroreningar I Skåne. *Rapport B1742*.

- Jensen, P., 2002. Djurens beteende och orsakerna till det. Kapitel 14. LT:s förlag, Falköping
- Jensen, P., Vestergaard, K., Algers, B., 1993. Nest building in free-ranging domestic sows. *Applied Animal Behaviour Science*, **38**, 245-255.
- Jeppsson, K-H., 2002. Diurnal Variation in Ammonia, Carbon Dioxide and Water Vapour Emission from an Uninsulated, Deep Litter Building for Growing/Finishing Pigs. *Biosystems Engineering*, **81**, 213-223.
- Jeppsson, K-H., 2000. Aerial Environment in Uninsulated Livestock Buildings - Release of ammonia, carbon dioxide and water vapour from deep litter and effect of solar heat load on the interior thermal environment. Doktorsavhandling, Agraria 245. Alnarp, SLU
- Jeppsson, K-H., 1996. Djupströbädd – etablering och skötsel. Stiftelsen Sydsvensk Jordbruksforskning, *Info nr 2*.
- Jordbruksverket, 1999. Ammoniäkförluster till jordbruket - Förslag till delmål och åtgärder. *Rapport 23*, Jönköping.
- Jordbruksverket, 2006. Hästgödsel- En naturlig resurs. *Jordbruksinformation 7*. Jönköping.
- Karlsson, L., 2007. KRAV eller EU-ekologiskt- vilken är skillnaden? *Ekologiskt Lantbruk* **10**, 20-21.
- Konsumentverket, 2007. Vad är ekologisk mat? [www.konsumentverket.se/mallar/sv/artikel.asp?InArticleID=477&lngCategoryID=1285] Besökt 2008-04-11.
- KRAV, 2007. KRAV:s årsredovisning 2007. Uppsala.
- KRAV, 2008a. [www.krav.se] besökt 2008-04-07
- KRAV, 2008b. KRAV-regler 2008. Uppsala.
- Källander, I. 2005. Ekologiskt Lantbruk, odling och djurhållning. s: 207-219, 287-303. Natur och kultur, Stockholm.
- Larsson, K., Jacobsson, K-G., Johansson, G., Svensson, L., 2000. Torv som strö i smågrisproduktionen – Effekt på miljö och djurhälsa. *JTI-rapport nr 257*. Uppsala.
- Leek, B.G.A., Hayes, T.E., Curran, P.T., Callan, J.J., Beattie, V.E., Dodd, V.A., O'Doherty, J.V., 2007. The influence of manure composition on emissions of odour and ammonia from finishing pigs fed different concentrations of dietary crude protein. *Bioresource Technology*, **98**, 3431–3439.
- Lindahl, C., 2003. Slaktsvins beteende i ekologisk produktion – En jämförelse mellan två system. *JTI-rapport, lantbruk och industri* **318**.
- Lindgren, K. Lindahl, C. & Roepstorff, A. 2005. Parasiter hos ekologiska slaktsvin och i jord på griset och stallgödselad åkermark, *JTI-rapport nr 340*. Uppsala.
- Luma Sense Technologies, 2008. [www.lumasense.dk] Besökt 2008-09-15.
- Lund, V. 2002. Ethics and Animal Welfare in Organic Animal Husbandry - An interdisciplinary approach. Doktorsavhandling, s: 12-13. Institutionen för Husdjurens miljö och hälsa, SLU
- Lund, V. 2003. Djurhälsa och djurvälstånd i ekologiskt lantbruk. Centrum för Uthålligt Lantbruk, SLU. C & M reklam och tryck. Uppsala
- Lund, V., Algers, B. 2003. Research on animal health and welfare in organic farming – a literature review. *Livestock Production Science*, **80**, 55–68.
- Länsförsäkringar, 2008. Marknadsundersökning Ekologisk mat. [http://www.lansforsakringar.se/privat/om_oss/press_och_media/Sidor/VisaPressmeddelande.aspx?id=b3f86bef-1005-447a-b27f-44c4d2cdec9c] Besökt 2008-09-22.
- Miljöforskning, 2008. Bedöma djurvälstånd - Ny metod på väg. *Miljöforskning* **1**.
- Miljömålsportalen, 2008. [www.miljomal.nu] Besökt 2008-05-28.
- Misselbrook, T.H., Webb, J., Chadwick, D.R., Ellis, S., Pain, B.F., 2001. Gaseous emission from outdoor concrete yards used by livestock. *Atmospheric Environment*, **35**, 5331-5338.
- Naturskyddsföreningen, 2007. Kött- övergödning och klimat. *Rapport Naturskyddsföreningen*. Stockholm.
- Naturvårdsverket, 2006. Utsläpp av metan och lustgas från jordbrukssektorn under perioden 1990 till 2010, *Rapport 5506*. Stockholm
- Naturvårdsverket, 2008. Sweden's National Inventory Report 2008. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Stockholm
- Naturvårdsverket, 2009. Sweden's National Inventory Report 2009. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto protocol. Stockholm
- Nilsson, K., 2006. Jämförande studie på miljöverkan från ekologiskt och konventionellt producerade livsmedel med avseende på växthuseffekt och övergödning. Swedish Institute for Food and Technology.
- Olsen, A.W., Dybkjær, L., Simonsen, H.B., 2001. Behaviour of growing pigs kept in pens with outdoor runs II. Temperature regulatory behaviour, comfort behaviour and dunging preferences. *Livestock Production Science*, **69**, 265–278.

- Olsson, A.-C., Jeppsson, K.-H., Botermans, J., Andersson, M., Wachenfeld von, H., Svensson, G., Svendsen, J., 2007. Ekologisk slaktgrisproduktion. Del 2 – Produktion, djurhälsa, välfärd, funktion och miljö. *Rapport 147*. Lanbrukets Byggnadsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Pedersen, L.J., Holm, L., Jensen, M.B., Jørgensen E., 2006. The strength of pigs' preferences for different rooting materials measured using concurrent schedules of reinforcement. *Applied Animal Behaviour Science*, **94**, 31-48.
- Pedersen, L. J., Jensen, M.B., 2007. Concurrent schedules of reinforcement as a method to quantify the relative attractiveness of two rooting materials. *Applied Animal Behaviour Science*, **107**, 147-151.
- Persson, J., 2003. Kväveförluster och kvävehushållning. Förbättringsmöjligheter i praktiskt jordbruk Kortsiktiga och långsiktiga markbiologiska processer med speciell hänsyn till kvävet. *Rapport 207*. Institutionen för markvetenskap. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Petersen, V. 1994. The development of feeding and investigatory behaviour in free-ranging domestic pigs during their first 18 weeks of life. *Applied Animal Behaviour Science*, **42**, 87-98.
- Petersen, V., Simonsen, H.B., Lawson, L.G., 1995. The effect of environmental stimulation on the development of behaviour in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, **45**, 215-224.
- Randall, J.M., Armsby, A.W., Sharp, J.R., 2003. Cooling Gradients across Pens in a Finishing Piggery- Effects on Excretory Behaviour. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **28**, 247-259.
- Regeringen, 2008. Sveriges upsläpp av växthusgaser minskar. [<http://www.regeringen.se/sb/d/11219/a/117311>] Besökt 2008-12-16.
- Rhode, L., Mell, M., Yamulki, S., 2006. Nitrous oxide, methane and ammonia emissions following slurry spreading on grassland. *Soil use and management*, **22**, 229-237.
- Rådets förordning, 1999. (EG) om komplettering av förordning (EEG) nr 2092/91 om ekologisk produktion av jordbruksprodukter och uppgifter därom på jordbruksprodukter och livsmedel så att den även omfattar animalieproduktion. *Europeiska gemenskapernas officiella tidning nr L 222*, 1–28.
- Röver, M., Heinemeyer, O., Kaiser, E.-A., 1998. Microbial induced nitrous oxide emissions from arable soil during winter. *Soil Biology Biochemistry*, **14**, 1859-1865.
- Salomon, E., Benfalk, C., Geng, Q., Lindahl, C., Lindgren, K., Rundgren, M., Torén, A., 2005. Ekogrisar i hydda eller stall- så påverkas djur, bonde och miljö. *JTI informerar*, **111**.
- Salomon, E., Åkerhielm, H., Lindahl, C., Lindgren, K., 2007. Outdoor pig fattening at two Swedish organic farms- Spatial and temporal load of nutrients and potential environmental impact. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **121**, 407–418.
- Salomonsson, M 2003. Stallförluster. [www.greppa.nu]. Uppdaterad 2003-10-28. Besökt 2008-04-07.
- SAS Institute, 1985. SAS User's guide. Statistics. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Sjaastad, Ø. V., Hove, K., Sand O., 2003. Physiology of Domestic Animals. Kapitel 14. Scandinavian Veterinary Press, Oslo.
- Sommer, S.G., Zhang, G.Q., Bannink, A., Chadwick, D., Misselbrook, T., Harrison, R., Hutchings, N.J., Menzi, H., Monteny, G.J., Ni, J.Q., Oenema, O., Webb, J., 2006. Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy*, **89**, 261-335.
- Sprent, J.I., 1987. The ecology of the nitrogen cycle. Kapitel 1, 3. Cambridge studies in ecology. Cambridge University Press.
- Stern, S., Andresen, N., 2003. Performance, site preferences, foraging and excretory behaviour in relation to feed allowance of growing pigs on pasture. *Livestock Production Science*, **79**, 257-265.
- Studnitz, M., Jensen, K.H., 2002. Expression of rooting motivation in gilts following different lengths of deprivation. *Applied Animal Behaviour Science*, **76**, 203–213.
- Studnitz, M., Jensen, K.H., Jørgensen, E., 2003a. The effect of nose rings on the exploratory behaviour of outdoor gilts exposed to different tests. *Applied Animal Behaviour Science*. **84**, 41–57.
- Studnitz, M., Jensen, K.H., Jørgensen, E., Jensen, K.K., 2003b. The effect of nose ringing on exploratory behaviour in gilts. *Animal Welfare*, **12**, 109-118.
- Svensson, L., 1993. Ammonia volatilization from land-spread livestock manure. Doktorsavhandling, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala. s: 22
- Svensson, L., Jeppsson K.-H. & Gustafsson, G. 1997. Evaluation of Different Methods of Measuring NH₃ in Naturally Ventilated Animal Houses with Deep-litter. In Ammonia and odour control from animal production facilities (ed. J. A. M. Voermans & G. J. Monteny). CIGR, 6-10 oktober, Vinkeloord, Holland
- Tuytens, F.A.M. 2005. The importance of straw for pig and cattle welfare: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, **92**, 261–282.

- UNFCCC, 2005. United Nations Framework Convention on Climate Change. Feeling the heat. [http://unfccc.int/essential_background/feeling_the_heat/items/2918.php] Besökt 2008-05-30.
- Vattenportalen, 2006. Försurning av mark och vatten [http://www.vattenportalen.se/fov_problem_forsurning.htm] Besökt 2008-10-02.
- Wachenfelt von, H., 2001. Mark- och miljöpåverkan från utomhusgrisar. Ekologiskt Lantbruk, konferens november. Ultuna.
- Wood-Gush, D.G.M. and Beilharz, R.G., 1983. The enrichment of a bare environment for animals in confined conditions. *Applied Animal Ethology*, **10**, 209–217.
- Wood-Gush, D.G.M., Stolba, A., 1982. Behaviour of pigs and the design of a new housing system *Applied Animal Ethology*, **8**, 583-584.
- Åkerfeldt, Y., Alarik, M., Stabo, S. 2007. Hur mår de ekologiska djuren?, *Ekologiskt lantbruk*, **1**.

Muntliga källor

- Botermans, J., 2008. Personligt meddelande.
- Strid, B., 2008. Scan. Seminarium om ekologisk grisproduktion 4 december. Uppsala, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Antal grisar:

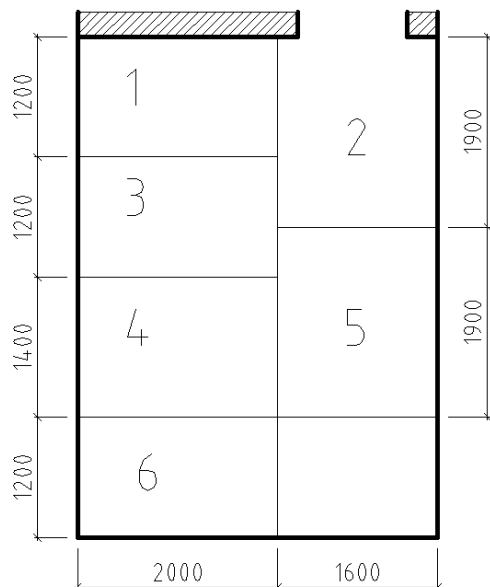
Box 74
Box 78

[illegible]

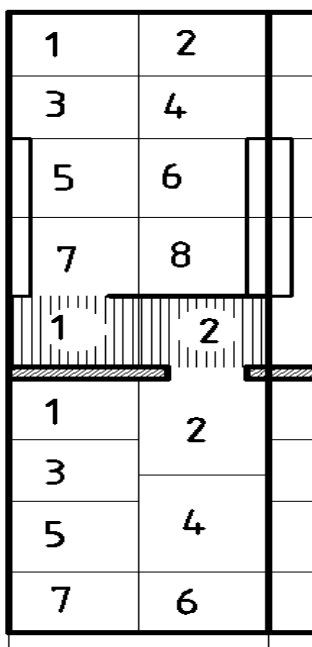
[illegible]

Mätutor

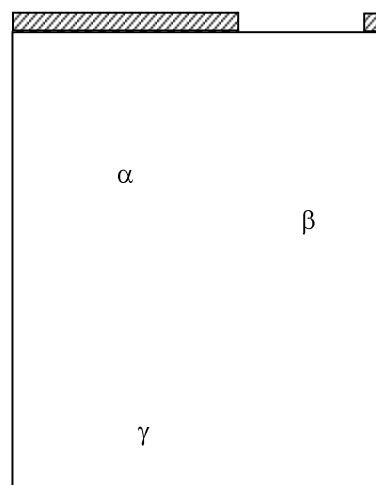
Bilaga 2



Mätutor vid NH₃-mätningar på rastgårdsytan



Mätutor vid hygienbedömning inomhus och på uteytan



Mätutor vid N₂O-mätningar på rastgårdsytan

Nr	Titel och författare	År
268	Studie av introduktionen av NorFor Plan för foderstatsberäkning till mjölkkor i Sverige Study of the introduction of NorFor Plan as a tool for ration planning to dairy cows in Sweden Helena Åkerlund	2008
269	Salt to ruminants and horses Karolina Johansson	2008
270	A Comparison between Forage Digestibility in the Icelandic and the Standardbred horse Sarah Hamilton	2008
271	Plansilo och rundbal som ensileringssystem för vallfoder – en lönsamhetsjämförelse Johanna Svensson	2008
272	A field study comparing the use of antibiotics to prevent diarrhoea in household and commercial pig farms in the north of Vietnam Therese Olsson	2008
273	Effekten av olika stora mjölkgivor på kalvars tillväxt och konsumtion av kraftfoder och hö Effect of milk feeding level on the weight gain of calves and their intake of concentrate and hay Jessica Wessberg	2008
274	The effect of a high energy forage only diet on exercising Standardbred trotters Helena Gidlund	2009
275	Riskfaktorer för <i>Staphylococcus aureus</i> i mjölk och på has hos mjölkkor Risk factors for <i>Staphylococcus aureus</i> in milk and on hocks of dairy cows Karin Andersson	2009
276	Smältbarhet på ensilage och hö hos hästar i träning Digestibility of silage and hay for horses in training Sara Gunnarsson	2009
277	Buffalo Production in North Vietnam Wiveca Sveen	2009
278	Optimal group size for calves fed in transponder-controlled milk feeders Optimal gruppstorlek för kalvar som utfodras i transponderstyrda kalvammor Ida Eriksson	2009

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15 eller 30 högskolepoäng) samt större enskilda arbeten (15-30 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet. En förteckning över senast utgivna arbeten i denna serie återfinns sist i häftet. Dessa samt tidigare arbeten kan i mån av tillgång erhållas från institutionen.

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet

Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Box 7024

750 07 UPPSALA

Tel. 018-67 28 17
